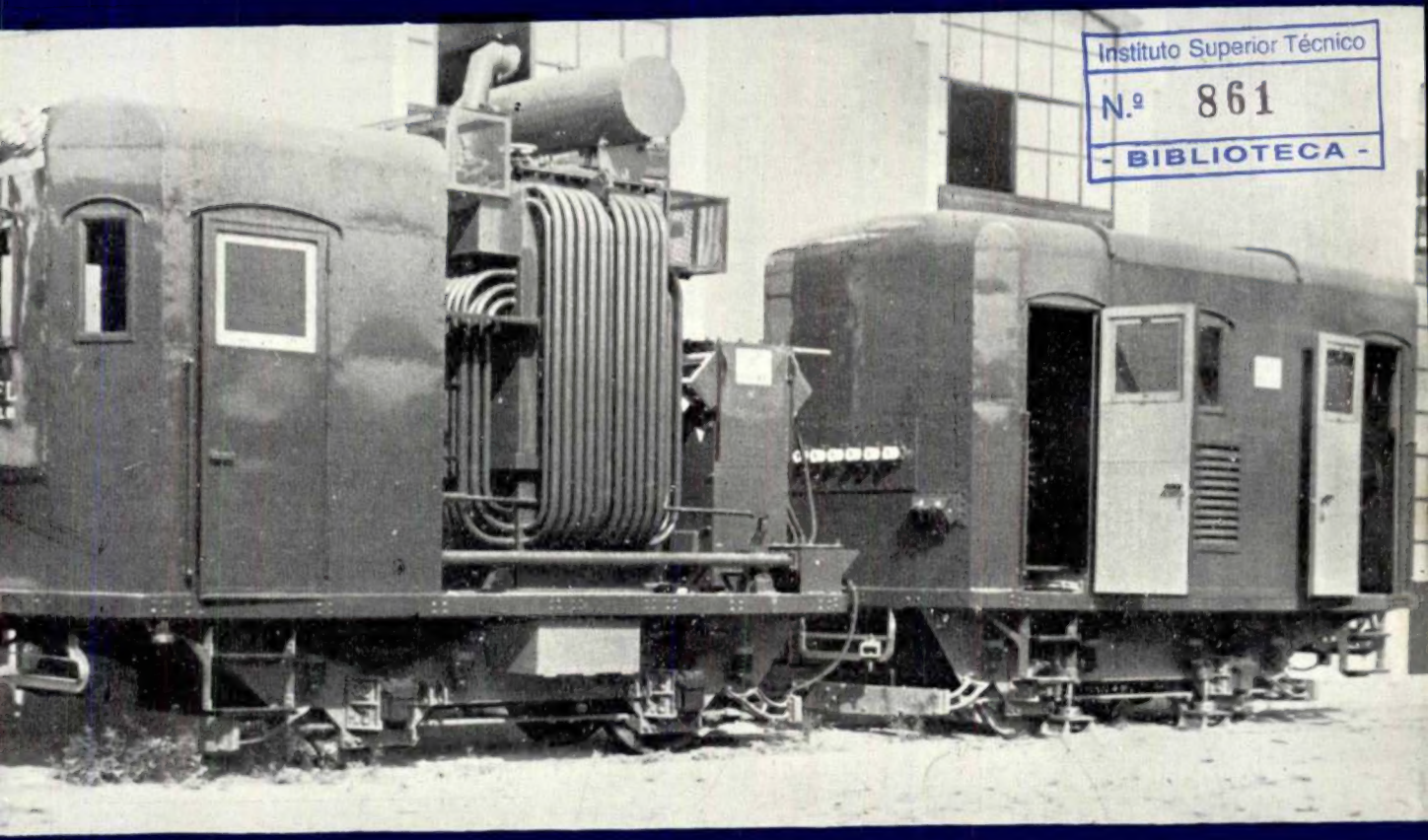
TÉCNICA



Instituto Superior Técnico
N.º 861
- BIBLIOTECA -

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 128-Abril-1942

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

SECIL

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
128
Abril — 1942

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 4 9144 (linha 50)

BIBLIOTECA I.S.T.

DIRECTOR
NUNO ABRANTES
ADMINISTRADOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
BIBLIOTECÁRIO
JOSÉ DE LUCENA
CORPO REDACTORIAL
Fernando Monjardino
Francisco de Almeida e Castro
José Passos Coelho
Fernando Moitinho de Almeida

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	26$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	60$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

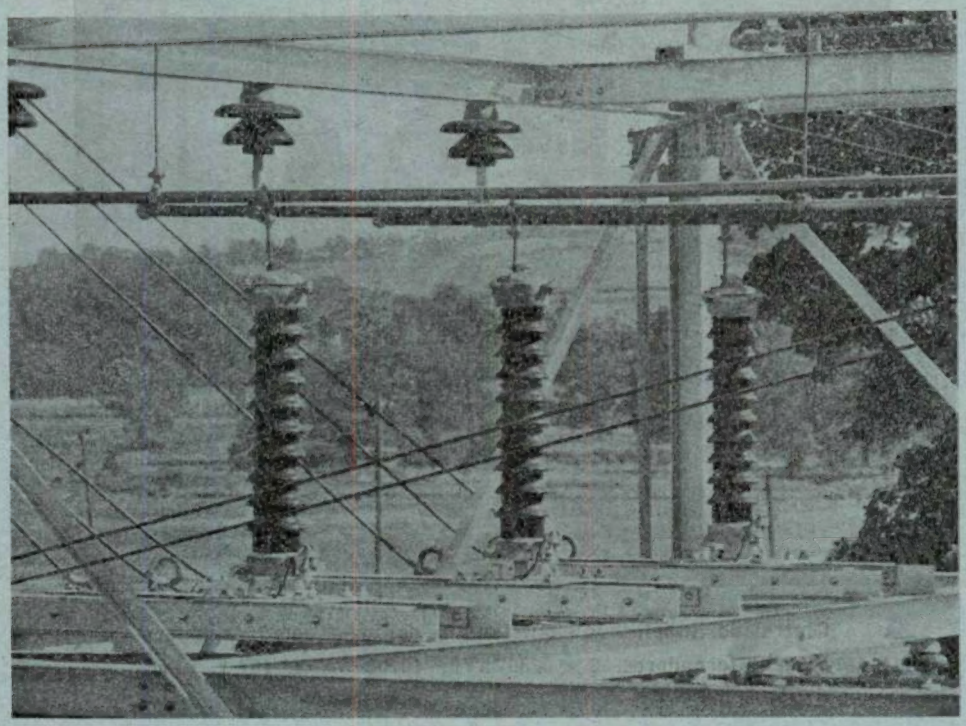
CAPA — Sub-estação móvel da C. C. F. L.

		Págs.
Algumas considerações sôbre o sistema ferro-carbono	Eng.º Quím.-Ind. A. Marques da Paixão.	795
Compressão de aterros . . .	Eng.º Civil Manuel Bravo . .	810
Breve simplificação nos cálculos estáticos das estruturas	Eng.º Civil Edgar Cardoso. .	825
Aspectos da segurança nos ascensores eléctricos	José dos Santos Pereira. . .	829
Notas bibliográficas	. . . . .	843
Publicações recebidas	. . . . .	844

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A-G.
NÜRNBERG
Representante:
A. Ferreira da Silva, Porto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Aparelhos de protecção «THYRITE» contra sobretensões

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor da potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.

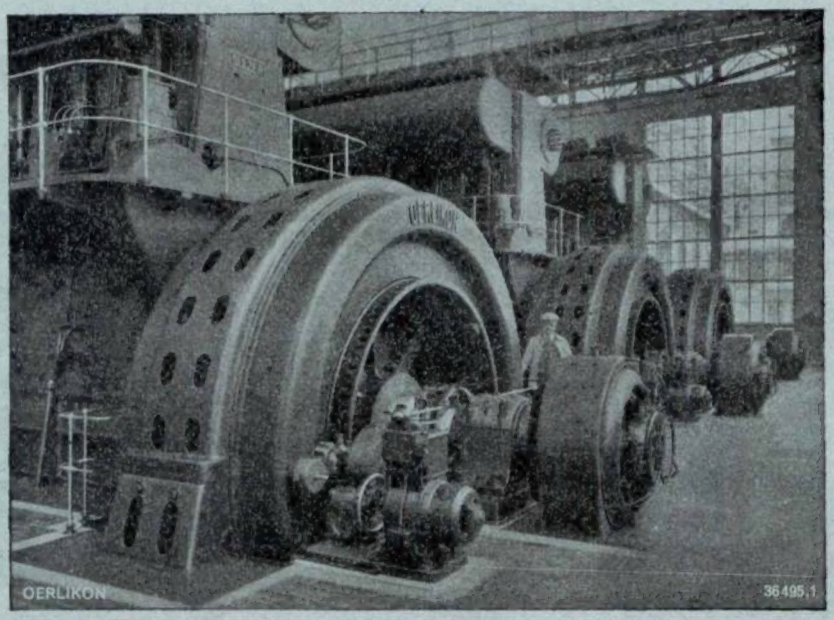
THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

OERLIKON



Central de Kubel, Saint-Gall (Suiça), equipada com três grupos Diesel-alternadores, 3 × 6250 kVA, 10700 Volts, 187 r. p. m.

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

45 816

Departamento Cultural da A. E. I. S. T.

Conferências

6 de Maio, às 21.30 h.

"L'Action du désir et de l'Aversion sur la croyance"

proferida pelo Prof. Ing. Marius Latour

11 a 23 de Maio

Lições do Curso "Aplicações da Teoria dos Circuitos Oscilantes aos esquemas modernos"

Pelo Eng.º Paulo de Brito Aranha

TÉCNICA

NUNO ABRANTES
DIRECTOR

ANO XVII - N.º 128 ABRIL 1942

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SÔBRE O SISTEMA FERRO-CARBONO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) A. MARQUES DA PAIXÃO
ASSISTENTE DO I. S. T.

Na luta contra a selecção natural, o Tempo é para o Homem fiel aliado e adversário invencível. Contra êle, nada pode; sem êle, nada alcança.

Singular destino e caprichosa fantasia.

E assim foi sempre.

Ainda a sua inteligência era um elemento indefinido — gota de luz entre astros em formação — já a luta era acesa e o combate renhido.

À medida que aumenta o seu poder e alarga o seu domínio, mais difícil é o seu trabalho e mais árdua a sua missão. Não lhe é permitido o desânimo, não lhe é consentido o abandono.

Aprendeu um dia — não se sabe quando nem como — a dominar o fogo.

Uma arte, que mais tarde se transformaria numa ciência, teve nesse facto a sua origem.

Onde?

Talvez no Oriente. Só no tempo de Osirís ela marca a sua presença no Alto Egipto, através de ornamentos que a religião inspirava e onde o grandioso era sinónimo de sumptuosidade.

Acompanhando o dogmatismo que dirigia tôda a vida egípsia, essa arte só encontrou o dinamismo, que necessitava, com as emigrações arianas, com as lutas de conquistas, com o desejo de riquezas e ambição de poder.

A Humanidade, numa ânsia de perfeição, na obrigação de lutar e na imperiosa necessidade de vencer, procura um factor de vitória, que seja ao mesmo tempo uma arma segura e um escudo eficaz.

Grande como uma epopeia, belo como uma lenda, todo êsse esfôrço, onde o Homem nem sempre soube empregar com lealdade e proveito os seus conhecimentos.

E o Tempo é o único recurso que dispõe contra o mau emprêgo, que dá às suas descobertas, que ameaçam destruir êsse maravilhoso conjunto de vitórias sôbre as fôrças da Natureza, que é a Civilização.

* * *

Para a suave evolução do conhecimento humano o tempo é necessário, não só, para corrigir imperfeições, desfazer erros e remediar inconvenientes, mas, ainda, para comparar resultados, comprovar factos e tirar conclusões.

Se a dúvida subsiste, o nosso espírito dispõe da investigação e da crítica; se a afirmação se

az, a honestidade exige, que se proceda à demonstração e se realize a experiência.

Como cinzel de fogo em mãos de Mestre perfeito talhando em pedra rude formas ideais, na montanha da nossa ignorância, no meio da incerteza e da confusão, a Ciência traça, pouco a pouco, com lentidão mas com firmeza, um caminho cheio de Luz.

*
* *

Chama-se *sistema químico* a um conjunto material, suposto isolado, com o fim de se estudarem as transformações, que pode sofrer sôb a influência de certos factores.

Os constituintes do sistema são os corpos, cuja enunciação é suficiente para definir o sistema quìmicamente.

Os diagramas *composição-propriedade* são complexos geométricos, que permitem estabelecer relações entre as transformações físico-químicas do sistema e os elementos geométricos dêsse diagrama.

Se a propriedade a estudar é a fusibilidade, o diagrama, no seu conjunto, corresponde à análise térmica do sistema considerado, que consiste em determinar a sua constituïção, ùnicamente, pela marcha do termómetro durante a solidificação e a fusão.

Só no caso dos sistemas a um constituinte — corpos puros — ou certos casos particulares — misturas eutéticas — o ponto de fusão coincide com o ponto de solidificação.

Em todos os outros casos, o que existe é um intervalo de solidificação ou um intervalo de fusão, que separa a fase líquida da fase sólida.

O lugar geométrico dos pontos limites inferiores da fase líquida, é uma linha, que se chama *liquidus;* ao lugar geométrico dos pontos limites superiores da fase sólida — uma linha também, chama-se *solidus*. O solidus e o liquidus interceptam-se nos pontos de fusão dos constituintes, considerados puros.

Consideremos o diagrama de equilíbrio térmico do sistema Fe–C e dêste sòmente o intervalo limitado pelas ordenadas dos pontos zero e 6,67 de Carbono, que é aquêle que tem interêsse industrial.

A ordenada do ponto 6,67 de Carbono é mais do que uma simples linha isocarbónica — é a *vertical de estabilidade* da cementite, o composto intermetálico bem conhecido e de fórmula Fe^3C, se bem que a sua temperatura de formação seja, ainda hoje, um motivo de dúvidas.

O que sabemos sôbre as propriedades dos compostos intermetálicos permite-nos reduzir o estudo do sistema Fe–C naquele intervalo ao estudo do sistema $Fe–Fe^3C$.

Para $C = 0$, $Fe^3C = 0$
Para $C = 6{,}67$, $Fe^3C = 100$

O seguinte quadro dá-nos as equivalências intermédias, conjuntamente com a composição centesimal em relação aos elementos metalográficos.

Carbono	Perlite	Ferrite	Cementite secundária	Austenite	Ledeburite	Austenite eutética	Cementite eutética	Cementite primária	Ferrite total	Cementite total
0.0	0	100							100	0
0.10	11	89							98.5	1.5
0.20	22	78							97.0	3.0
0.30	33	67							95.5	4.5
0.40	44	56							94.0	6.0
0.50	56	44							92.5	7.5
0.60	67	33							91.0	9.0
0.70	78	22							89.5	10.5
0.80	89	11							88.0	12.0
0.90	100	0	0	100					86.5	13.5
1.00	98		2						85.0	15.0
1.10	97		3						83.5	16.5
1.20	95		5						82.0	18.0
1.30	93		7						80.5	19.5
1.40	91		9						79.0	21.0
1.50	90		10						77.5	22.5
1.60	88		12						76.0	24.0
1.70	86		13.9		0	0	0		74.5	22.5
1.80	84		13.6	96	4	2	2		73.0	27.0
1.90	83		13.3	92	8	4	4		71.5	28.5
2.00	81		13.1	89	11	5	6		70.0	30.0
2.10	79		12.8	85	15	7	8		68.5	31.5
2.20	77		12.5	81	19	9	10		67.0	33.0
2.30	76		12.2	77	23	11	12		65.5	34.5
2.40	74		11.9	73	27	13	14		64.0	36.0
2.50	72		11.7	69	31	15	16		62.5	37.5
2.75	68		11.0	60	40	19	21		58.75	41.25
3.00	64		10.3	50	50	24	26		55.0	45.0
3.25	59		9.6	40	60	29	31		51.25	48.75
3.50	55		8.9	30	70	34	36		47.5	52.5
3.75	51		8.2	21	79	38	41		43.75	56.25
4.00	46		7.5	12	88	42	46		40.0	60.0
4.30	41		6.6	0	100	48	52	0	35.5	64.5
4.50	38		6.1		92	44	48	8	32.5	67.5
4.80	32		5.2		79	39	41	21	28.0	72.0
6.67	0		0		0	0	0	100	0	100

Êste quadro é duplamente precioso:

1.º) porque conhecida a percentagem de carbono, podemos prever quais os elementos metalográficos existentes, isto é, o tipo de estrutura;

2.º) porque nos permite classificar, de uma maneira genérica, e em relação aos tipos de estrutura, as ligas ferro-carbono:

I — Eutéticas (Gusas) { Hipereutéticas / Hipoeutéticas

II — Não eutéticas (Aços) { Hipereutéctoides / Hipoeutéctoides { Ferríticas / Perlíticas

Mas qual é a diferença fundamental entre gusas e aços?

Vejamos, primeiramente, qual a designação e equivalência nas línguas mais correntes de alguns produtos da série ferro-carbono:

INGLÊS	FRANCÊS	ALEMÃO	ESPANHOL	ITALIANO	PORTUGUÊS
Cast iron	Fonte	Roh- ou Gusseisen	Fundicion de hierro	Ghisa	Gusa
White cast iron ou White pig iron	Fonte blanche	Weisses Roheisen	Lingote de hierro blanco	Ghisa bianca	Gusa branca
Mottled cast iron ou Mottled pig iron	Fonte truité	Halbiertes Roheisen	Lingote de hierro truchado	Ghisa trotata	Gusa média (Cinzenta)
Gray cast iren	Fonte grise	Graues Roheisen	Lingote de hierro gris	Ghisa grigia	Gusa cinzenta (Negra)
Direct Metal	Fonte de première fusion	Reineisen Roheisen erster Sehmelzung	Metal Caliente	Ghisa da prima fusione liquida	Ferro de primeira fusão
Charcoal cast iron	Fonte mazée	Holzkohlen Roheisen	Fundicion refinada al carbon vegetal	Ghisa al carbone di legna	Gusa a carvão natural
Steel	Acier	Stahl	Acero	Acciaio	Aço
Half hard ou Medium carbon steel	Acier demi-dur	Flussstahl	Acero fondido	Acciaio semi-duro	Aço médio ou semi--duro
Open hearth steel	Acier Martin-Siemens	Flammofen Flussstahl	Acero de solera	Acciaio Martin	Aço Martin-Siemens ou de soleira
Cast steel	Acier au creuset	Tiegelflussstahl	Acero de crisoles	Acciaio al croginolo	Aço de cadinho
Alloy steel	Aciers speciaux	Sonderstahl	Aleaceones de acero	Lega de acciaio	Aços especiais

BIBLIOTECA IST.

Apresentemos agora uma definição corrente de aço:— «Metal obtido a partir do minério de ferro, contendo carbono e outros elementos em proporções diversas, maleável, tornando-se duro pela acção de têmpera».

Notemos em primeiro lugar, que não definimos a sua natureza e que fazemos referência às suas propriedades.

Dêste modo, tôda a liga Fe-C que seja maleável e cuja dureza possa ser aumentada pela têmpera, seria um aço.

Maleabilidade e dureza são termos relativos. Para um teor de 0,01 % de C, a liga é muito maleável, mas de têmpera difícil; para um teor de 1,5 % de C, a dureza aumenta com a têmpera, mas a maleabilidade é fraca; para 2 % de C o metal deixa de ser considerado como maleável.

Para que seja simultâneamente maleável e possa tomar têmpera, a liga não deve conter menos de 0,25 % de C nem mais de 2 % dêste elemento.

Para percentagens inferiores a 0,25 % o fenómeno da têmpera é difícil; para percentagens superiores a 1,70 % a maleabilidade desaparece.

Frisemos ainda que a maleabilidade pode ser originária ou adquirida.

Se bem que estes dois tipos de maleabilidade sejam diferentes, a sua existência é um elemento a considerar naquela definição.

Esta definição, teve a sua origem nos meados do século XIV — ou mesmo antes — na altura em que se principiou a classificar o produto obtido nos altos fornos de então (1,5 a 2 metros de altura) pelas suas qualidades de maleabilidade e têmpera.

Mais tarde, a ideia primitiva foi retomada e actualizada, as modificações sofridas impostas pelo progresso industrial e científico.

Assim, em 1869, Greiner na sua «Note sur la definition de l'acier» definia *AÇO* — todos os produtos maleáveis da indústria do ferro obtidos por fusão e *FERRO* — os produtos maleáveis obtidos mas sem terem sofrido a fusão.

Em 1872, Holley definia:

«Aço é uma liga de ferro colada no estado líquido, num lingote maleável».

Em 1876, o Congresso de Filadélfia estabelecia a seguinte nomenclatura:

Ferros: — são designados por êste nome tôdas as ligas de ferro, que não tomam têmpera;

Aços: — tôdas aquelas, qualquer que seja a causa, podem sofrer o fenómeno de têmpera e endurecer por êste motivo.

Dos metalurgistas presentes, Jordam, Akerman, Egleston, Gruner, Tunner e Holley, só êste discordou desta classificação.

As nomenclaturas propostas em 1912 e 1914 pela Intern. Assoc. Testing Materials incidem sôbre as classificações dentre dos produtos das séries Ferros e Aços, mas deixam subsistir as definições do Congresso de Filadélfia.

*
* *

Dificuldade não existe em definir, mas sòmente em apresentar uma definição correcta. Quantas vezes essa dificuldade é apenas conseqüência da imperfeição dos nossos conhecimentos e confusão das nossas ideias; de deficiências de análise e erros de interpretação, de falhas de raciocínio e precipitadas conclusões.

A definição exige, em nosso entender, o conhecimento prévio da natureza da cousa a definir. Muitas vezes, pretendemos disfarçar a nossa ignorância com habilidades de imaginação e artifícios de palavras; habilidades que não resistem a uma crítica mais profunda, artifícios que não iludem um espírito mais atento.

Se afirmarmos,

> «Aço, é um termo genérico, que serve para designar uma série de produtos metalúrgicos, caracterizada por um conjunto de propriedades, que lhe são próprias»

teremos definido, o que é um aço e acrescentando alguma coisa de novo aos nossos conhecimentos?

Não. Apenas apresentamos o significado de uma palavra sem nada dizermos sôbre a natureza da substância, a que se refere.

É de Sauveur a afirmação de que Gibbs estudando matemática, fêz mais pela Metalografia, do que muitos metalurgistas estudando Metalurgia.

Interessante opinião esta, de uma pessoa que dedicou tôda a sua vida ao estudo de uma ciência e que nem um incidente ocorrido no seu laboratório, que o cegou, o fêz abandonar a sua actividade.

Magnífico espírito de sacrifício, que a História das Ciências, para orgulho da Humanidade

regista alguns exemplos, cumprindo a sua missão sem abandonar os seus princípios e sem esquecer os seus fins!

Referia-se sem dúvida, a essa maravilha de intuição e clareza que é a lei das fases. Com efeito, a sua aplicação permite dar para os diferentes produtos metalúrgicos, definições que têm como principal característica — *e inconveniente* — a sua generalidade. Para um dado sistema, os constituintes são corpos considerados puros; a lei das fases exige que desprezemos a massa das impurezas, que os acompanham e a influência sôbre as propriedades físico-químicas respectivas.

A uma dada percentagem dos constituintes corresponde um determinado produto, caracterizado pela sua composição química e pelas suas propriedades físicas.

Se dentro de certos limites de composição, as propriedades físico-químicas variaram de uma maneira contínua, é possível reünir dentro de um mesmo grupo um certo número de corpos, aos quais se atribue uma designação genérica.

O diagrama composição-propriedades dá-nos a possibilidade de agrupamento e os limites de cada grupo.

Para certos produtos, as suas propriedades não são apenas função da sua composição química; para uma dada composição, as propriedades podem ser diferentes, segundo os tratamentos mecânicos, térmicos ou químicos, a que foram submetidos.

É o que acontece com os produtos metalúrgicos.

No sistema Fe-C os constituintes são, como sabemos, o ferro e o carbono puros.

O ferro puro apresenta três pontos críticos — de transição — situados a 760°, 900° e 1400°.

No arrefecimento, quando o metal atinge um dêstes pontos há uma libertação de calor, que deminui consideràvelmente a velocidade de arrefecimento. É o fenómeno da recalecência, de Barret. Os pontos a 900° e a 760° são os mais importantes.

Foram designados pelos símbolos A_{r3} e A_{r2} por Floris Osmond, que os descobriu em 1885. A letra A foi a letra que Dimitri Tschernoff tinha utilizado, para representar a temperatura mínima, à qual o aço deve ser levado para tomar têmpera pela acção de um arrefecimento rápido.

A letra *r* é a inicial de *refroidissement* e que Osmond escolheu para mostrar bem que se tratava de um arrefecimento; quando se trata de um aquecimento as letras são A_{c3} e A_{c2}, *c* sendo a inicial de *chauffage*.

Estes pontos não se apresentam à mesma temperatura havendo um fenómeno de histeresis. Esta dá-se, como se sabe, quando as duas fases correspondentes de um fenómeno reversível, se apresentam com um atraso, uma em relação à outra.

Corresponde a uma resistência, que o sistema material apresenta em sofrer a transformação considerada.

Para que ela tenha lugar, é necessário aquecer a uma temperatura mais elevada, ou, arrefecer a uma temperatura mais baixa do que a temperatura teórica, à qual, em cada um dos casos ela se deveria produzir.

Acontece que a histeresis só se manifesta em A_{r3} e não A_{r2}, e por esta razão, quási poderíamos considerar, o ponto A_{r2}, como não sendo um ponto alotrópico.

Chama-se alotropia à propriedade, que um dado sistema material tem de se apresentar sob várias formas caracterizadas por um conjunto das suas propriedades, mas, dentro de um mesmo estado agregado. Essa transformação efectua-se a uma temperatura determinada e característica, chamada *temperatura de transição ou crítica*.

A passagem de um estado agregado a outro — verdadeira transformação — poderia ser considerada como um caso maior de alotropia.

Podemos considerar a alotropia, como sendo uma modificação reversível da rêde cristalina. Um sistema ao solidificar-se vai adquirir uma estrutura, que é caracterizada pela disposição dos átomos nas células elementares do sistema.

Se os átomos estão dispostos de uma maneira regular, as células correspondentes são sólidos geométricos perfeitos e o sistema encontra-se sob a forma cristalina. Nos sistemas não cristalinos a distribuïção dos átomos não obedece a uma lei de simetria. Nós dizemos, que êles se encontram sob a forma amorfa.

O sistema de cristalização mais simples é o sistema cúbico.

Nêle cristalizam muitos metais industriais e

entre estes, o ferro. No caso do ferro, os átomos podem apresentar duas distribuïções:

Na primeira, os átomos estão situados nos vértices do cubo e ao centro de cada face — rêde cúbica a faces centradas;

Na segunda, os átomos estão situados nos vértices do do cubo, existindo além dêstes, um átomo central, — rêde cúbica centrada.

A aresta do cubo do cristal de ferro mede 3,6 Å

A primeira distribuïção é característica do ferro γ e a segunda dos ferros β e α. Quando o ferro γ atinge no arrefecimento a temperatura de 910° transforma-se em ferro β com libertação de calor.

A rêde cristalina sofre uma variação e passa da rêde a faces centradas à rêde centrada.

Podemos considerar esta transformação como prova de uma transformação alótropica e esperar, portanto, uma variação das propriedades.

Uma unidade cristalina é a mais pequena massa compatível com a estrutura cristalina e na transformação $\gamma \rightarrow \beta$ o número de átomos passa de

$$8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

e

$$8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$$

o que indica uma dilatação com a correspondente diminuïção de densidade. É o que acontece. A 770° o ferro β transforma-se em ferro α. A rêde cristalina mantém-se. Porém, as propriedades magnéticas são diferentes e o ponto de Curie marca o limite superior da existência do ferromagnetismo.

Consideremos agora a região do diagrama limitado na parte superior pelo solidus e até ao ponto. E de coordenadas (1.140°, 1,7 % C). É a região da austenite.

A austenite é uma solução sólida de carbono no ferro γ. A designação é de Osmond, em homenagem a Roberts Austen. É instável e não magnética. Pelo arrefecimento, diminue-se o poder de dissolução do ferro, havendo uma precipitação de cementite, mas, isto só a partir da temperatura definida pelo horizontal de monovariência.

Se tomarmos um ponto representativo do sistema no estado líquido na região acima definida, os fenómenos que se observam pelo arrefecimento são os seguintes:

I — Rejeição do ferro, que é transformado em ferro γ a faces centradas sem poder solvente, e portanto, enriquecimento da solução sólida em carbono até ao limite 1,7 %;

II — Para temperaturas inferiores à definida pela horizontal de monovariância, diminuïção do poder da dissolução do ferro γ com precipitação de carbono e portanto, empobrecimento em carbono da austenite, até ao limite 0,9 % de C, que corresponde à formação da perlite à temperatura de 720°. O carbono precipitado da solução combina-se com o ferro em presença para formar a cementite secundária ou pró-eutectóide; esta, a 720°, forma com a ferrite uma mistura pseudo-eutética, constituída por finas lamelas alternadas e paralelas de ferro e cementite.

A fraca espessura dessas lamelas provoca a difracção dos raios luminosos e, por isso Sorby o chamou constituintes nacarado (perlé). Howe propôs então o nome de perlite, que foi aceite. A perlite é constituída por 12,75 % de cementite e 82,25 % de ferrite. É o constituinte, que influe sôbre a resistência e dureza do aço arrefecido lentamente.

Diagrama de Bain

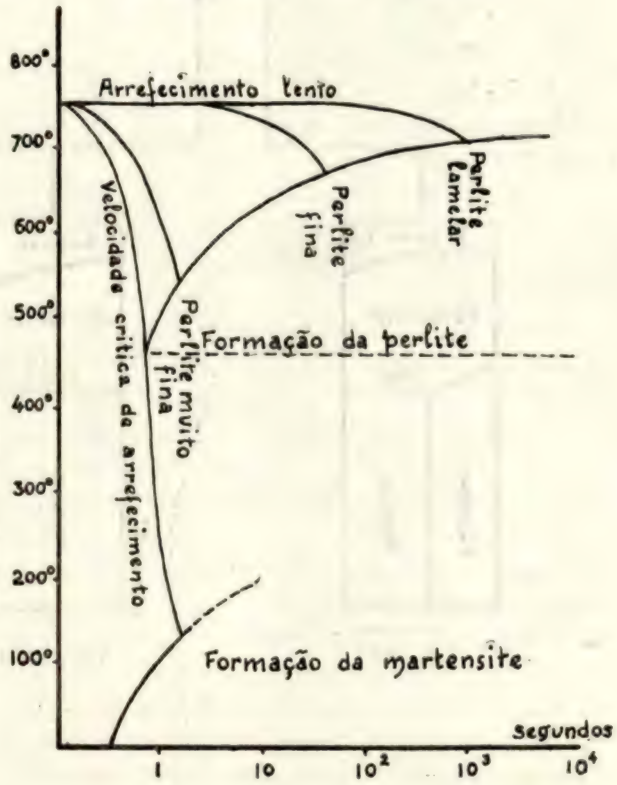
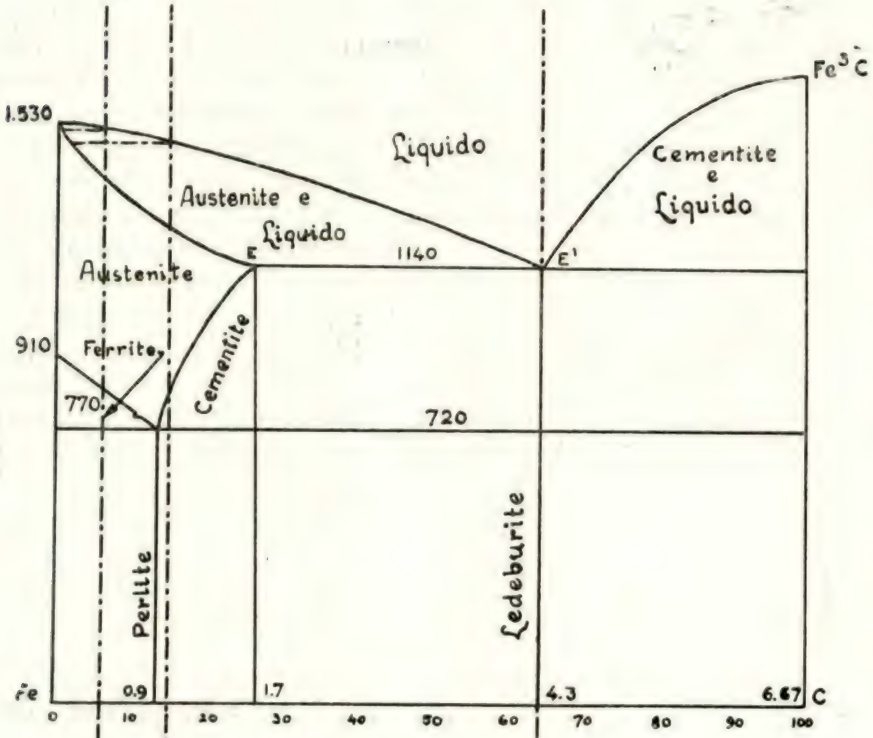
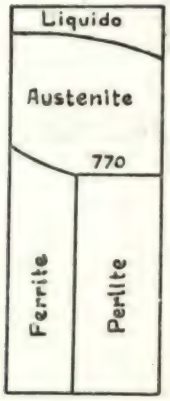
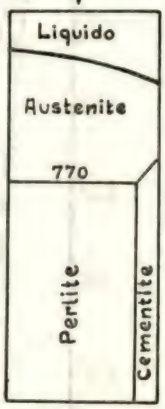


Diagrama de equilibrio termico Fe-C.

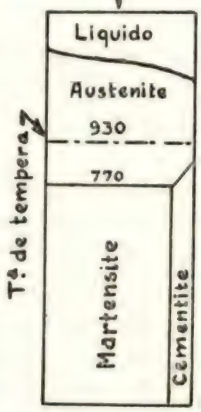




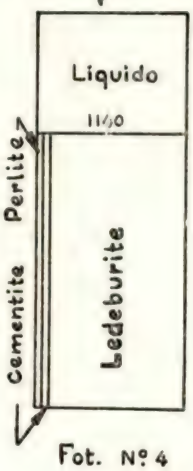
Fot. Nº 1



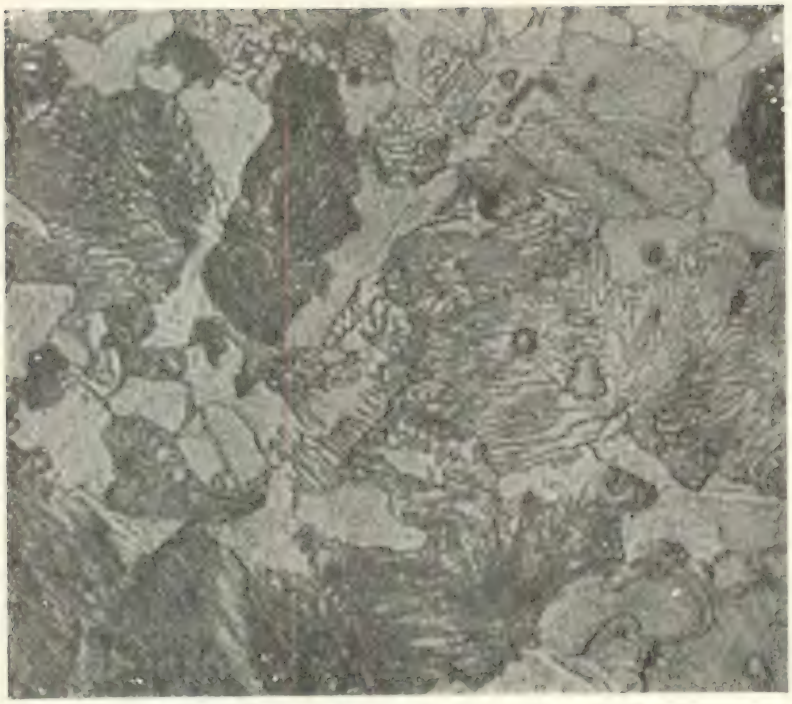
Fot. Nº 2



Fot. Nº 3



Fot. Nº 4



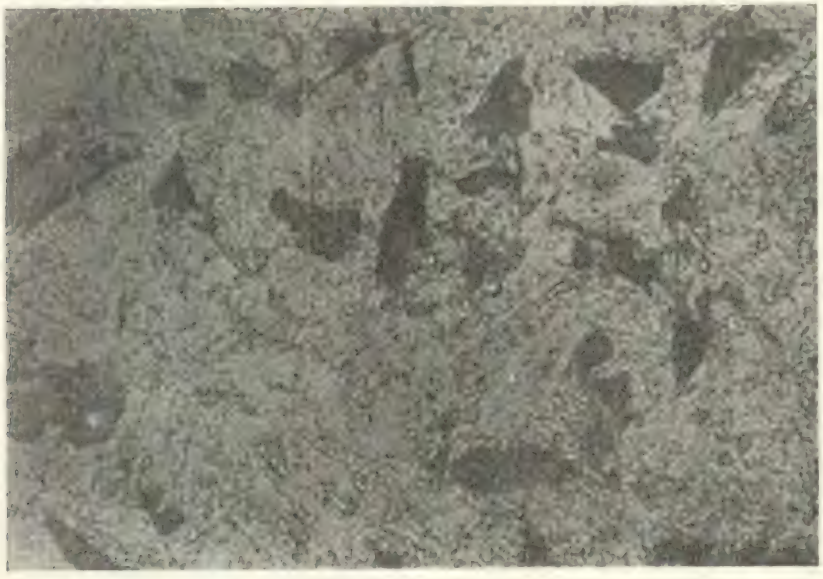
Fotografias do autor

Laboratório de Metalografia do I. S. T.

Fot. 1

Composição:

Carbono	0.450	*Tratamento térmico* — recosido a 1000° C
Si	0.245	*Elementos metalográficos* — Cristais de Perlite envolvidos por uma rêde de Ferrite.
Mn	0.480	
S	0,024	*Ataque* — NO^3H em solução alcoólica a 2 %
P	0.062	Ampliação 900.



Fot. 2

Composição:

Carbono	1.040	
Si	0.192	*Tratamento térmico* — imperfeitamente recozido a 800° C.
Mu	0.406	*Elementos metalográficos* — Perlite e Cementite.
S	0.009	*Ataque* — Ácido pícrico a 4 % em solução alcoólica.
P	0.008	Ampliação 1200.

Fotografias do autor

Laboratório de Metalografia do I. S. T.

Fot. 3

Composição:

Carbono	1.040
Si	0.192
Mn	0.405
S	0.009
P	0.008

Tratamentos — Têmpera em água com aquecimento a 930° C.
Elementos metalográficos — Cristais de Martensite dispersos em massa de Cementite.
Ataque — NO^3H em solução alcoólica a 2 %.
Ampliação 800.

Fot. 4

Composição:

Carbono	4.380
Si	0.570
Mn	3.960
S	0.008
P	0.107

Tratamento termico — Recozido.
Elementos metalográficos—Ledebutite e cristais mistos de Perlite e Cementite secundária.
Ataque — Ácio pícrico em solução alcoólica a 4 %.
Ampliação 1200.

BIBLIOTECA IST

O sistema ferro-cementite apresenta um ponto de eutéxia real para 4,3 % de carbono. A êsse eutético dá-se, metalogràficamente, o nome de ledeburite, em homenagem a Ledebur.

*
* *

De elevado interêsse cientifico e considerável importância prática, é o estudo das transformações da austenite em função das temperaturas de aquecimento e das correspondentes velocidades de arrefecimento.

Sabemos, em que consiste a operação da têmpera e qual a sua influência sôbre as propriedades físico-mecânicas dos produtos metalúrgicos, a ela submetidos. Longamente conhecida, o mecanismo da sua acção é ainda hoje incerto e duvidoso; provam-no a diversidade de hipóteses, o desencontro de teorias e o desacôrdo de opiniões.

Diz-se, que um produto metalúrgico sofre um fenómeno de têmpera, se aquecido a uma temperatura elevada é arrefecido bruscamente, — não importa de que modo — a velocidade de arrefecimento sendo superior a uma velocidade determinada, chamada velocidade crítica de arrefecimento.

A finalidade da operação é modificar as propriedades do produto metalúrgico. Então, a condição necessária para que um determinado produto metalúrgico possa sofrer o fenómeno da têmpera, é que, apresente um ponto de transformação ao aquecimento, e que a temperatura de aquecimento seja superior a êsse ponto de transformação.

Muitos foram os metalurgistas, que estudaram a têmpera, diversas são as teorias, que pretendem explicar a sua influência sôbre as propriedades físico-mecânicas dos produtos metalúrgicos.

Antes do aparecimento da metalografia, considerava-se o aumento da dureza do aço temperado, como conseqüência do aparecimento de tensões enérgicas pelo arrefecimento brusco, dando origem a zonas de concentrações diferentes em carbono numa peça temperada.

O facto do ferro puro sofrer o fenómeno da têmpera, não era considerado.

Le Chatelier afirmava:

«A transformação do ferro α ou β em ferro γ é acompanhada de uma dilatação e as tensões internas têm origem, quando essa dilatação é contrariada pela contracção resultante de um arrefecimento rápido.»

Pode ser. Simplesmente, *o ferro puro não endurece pela acção da têmpera.*

Akerman dizia, que *a compressão resultante do arrefecimento rápido, convertia o carbono presente no aço em carbono de têmpera, êste sendo o factor essencial do aumento da dureza.*

Para isso, *era necessário, que êste se formasse ao arrefecimento,* o que, se não podemos afirmar como impossível, podemos considerar como improvável.

Howe considerava o aumento de dureza, como conseqüência da formação de um composto de duro, que se estabilizava por arrefecimento.

Howe teve sempre a rara felicidade de fazer afirmações, que eram fàcilmente aceites, mesmo que não correspondessem à verdade, porque eram fàcilmente compreensíveis.

Para Hunfrey, o aumento da dureza do aço era conseqüência da existência de uma solução sólida da cementite no ferro β constituindo um conjunto amorfo estabilizado pelo arrefecimento. É uma tentativa de aproveitamento e adaptação da teoria de *Beilby*.

Porém, a análise por difracção dos raios X prova que tanto uma como outra, além do mérito especulativo, nada mais possuiem digno de consideração.

Vejamos agora a teoria metalográfica. Os constituintes metalográficos mais importantes dos aços são a ferrite, a cementite, a perlite, a ladeburite e a austenite.

A austenite é instável; por abaixamento de temperatura sofre uma transformação, que é função da velocidade de arrefecimento.

Se essa velocidade é grande, a austenite transforma-se, mais ou menos completamente em martensite. Segundo a definição do Congresso de Copenhague de 1909, a martensite pura obtém-se, quando se procede à têmpera em água gelada, de um aço com o teor de 0,90 % de carbono.

É uma definição, que não é boa nem má; é uma definição sem interêsse, e, em nosso entender, é essa falta de interêsse, que lhe dá a possibilidade de existência.

Teòricamente, a martensite obtida naquelas condições nunca é pura, e confessamos, se

sabemos, o que é a temperatura do gêlo fundente, desconhecemos qual é a temperatura máxima, a partir da qual, a água se pode considerar como gelada; pràticamente, a têmpera nunca é feita em líquidos à temperatura do gêlo fundente. Continuemos.

Se o arrefecimento é suficientemente lento, o produto resultante da transformação da austenite é a perlite, mais ou menos pura.

Em qualquer caso, a austenite sofre uma variação de estrutura, quando se dá a transformação $A_{r\,3,2,1}$.

Mas, enquanto que no decorrer um arrefecimento lento a transformação se efectua à vontade estando pràticamente terminada pelos 700° e dando origem à perlite, cuja presença indica uma transformação completa, no caso de um arrefecimento rápido atinge-se a temperatura de 200/300°, sem que a transformação seja total.

Por esta circunstância, podemos supor a martensite como um elemento de transição na transformação *austenite → perlite* A estrutura cristalina da martensite é mais fina, do que a da austenite e é esta a razão porque os aços temperados aumentam de dureza.

Medindo-se a dureza pela resistência ao escorregamento ao longo de planos cristalinos, a dureza de um elemento cristalino pequeno, não é maior do que a dureza de um elemento cristalino grande, mas em contrapartida, a dureza de um agregado cristalino de grãos pequenos é maior, do que a dureza de um agregado de grãos grandes, pois que a cada grão cristalino corresponde uma linha de separação.

Ora, as linhas de separação, são linhas de resistência e serão em número tanto maior, quanto maior fôr o número de grãos cristalinos existentes num dado agregado.

*
* *

Das cinco teorias existentes para explicar o aumento da dureza por têmpera:

1.ª — a do ferro β
2.ª — a do estado amorfo
3.ª — a das tensões recíprocas
4.ª — a das soluções sólidas
5.ª — a da interferência por escorregamento,

só as duas últimas, nos parecem dignas de consideração. O ferro β é constituído pela mesma fase que o ferro α e dêste modo, êle não pode ser conservado à temperatura ordinária por têmpera.

Para a segunda teoria, os cristais são limitados por finas camadas amorfas e duras e onde os átomos estão irregularmente dispostos. Explicando a dureza pela existência do estado vitroso, notemos, depois de distinguir o estado vitroso do simples estado amorfo, que a cêra e certas resinas solidificam nêste estado, sem que a sua dureza seja grande.

No caso das tensões recíprocas, os átomos de um cristal estão distribuídos de uma forma determinada e característica, encontrando-se em equilíbrio sob a acção mútua de fôrças de atracção e repulsão.

Num cristal no estado natural, as duas fôrças estão em equilíbrio. Se uma fôrça externa tende a deslocar a posição dos átomos, uma fôrça elástica aparece, função dos átomos, da sua posição e da sua natureza e que caracteriza a dureza do cristal.

Sendo assim, como a dureza de um elemento cristalino é sensìvelmente constante, a reacção e esforços de grandeza variável, constante deveria ser, o que não é verdade.

*
* *

A micrografia, primeiro, a radiografia, depois, parecem ser o primeiro elo duma cadeia, que tende a aproximar essas duas profissões tão afastadas e tão distintas — a engenharia e a medicina — e unir esforços no traçar novos caminhos de investigação, no procurar melhorar *deficientes constituïções,* remediar *perigosos acidentes* e curar *graves enfermidades,* às quais, não falta sequer o *perigo da infecção* e o *inconveniente de hereditariedade.*

É no minério e no combustível, que devemos procurar os primeiros germens de uma doença, que o metalurgista deverá curar; é no forno, que se manifesta uma primeira acção de elementos, que serão a causa de um *envelhecimento* precoce e que só um *tratamento* poderá remediar, e aos quais, não falta sequer o poder de *reprodutibilidade* e a faculdade de *germinação.*

A análise química corresponde a um exame superficial: podemos supor, não devemos afirmar.

Os ensaios mecânicos são já uma auscultação mais profunda, com aparelhos mais precisos; podemos diagnosticar uma doença, prever um comportamento, descobrir uma lesão; não podemos ainda indicar um remédio e aconselhar um regime.

A metalografia dá-nos os elementos, que ainda nos faltam. Conhecemos o doente, conhecemos a doença, podemos receitar o remédio, proceder ao tratamento, remediar o mal. Verificamos os resultados, se êles estão de acôrdo com aquilo, que pretendemos; podemos repor o que falta, eliminar o que sobra.

Meio de investigação, processo de contrôle, elemento de progresso, factor de êxito, é uma técnica, cuja perfeição está na razão inversa da quantidade de substância, que utiliza.

COMPRESSÃO DE ATERROS

Compressão por pilão
Compressão por cilindros de pés de carneiro—sistema Proctor

PELO ENG. CIVIL (I. S. T.) **MANUEL BRAVO**

I PARTE

Nas breves notas que apresentamos temos apenas a intenção de focar determinadas particularidades que supomos de interêsse.

Como não podemos entrar no assunto principal, sem risco de o tornar incompreensível para determinado número de leitores que não estejam familiarizados com certas noções, pedimos àqueles que conheçam os dois métodos de compressão para passarem desde já à II parte destas notas.

Referem-se estas notas, principalmente, às observações efectuadas pelo autor na 1.ª ensecadeira da Barragem de Vale de Gaio, no verão de 1938, quando como o engenheiro da Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos, Ltd.ª, adjudicatária das mesmas.

a) Compressão dos aterros

Ao fazer a compressão dos aterros, tem-se em vista conseguir que estes adquiram o máximo do pêso específico, pois que dêste modo se consegue um mínimo de vazios e por conseguinte um máximo de estabilidade quando os aterros se encontrem saturados de água. Há, portanto, que ter em vista um cuidado especial na sua execução, para evitar que as infiltrações, no caso de existirem, se façam a velocidades tais que arrastem as mais finas partículas do atêrro. Consegue-se com facilidade que as infiltrações não atinjam velocidades superiores a alguns centímetros por ano.

Aplicou-se como método de contrôle do estado e modo de compressão do atêrro, feito pelo pilão (*Fig. 1*), o processo preconizado

Fig. 1

Pilão para compressão do atêrro

pelo Eng. R. Proctor para a compressão com cilindros de pés de carneiro (*Fig. 2*). O enge-

Fig. 2

Compressão com cilindros armados de pés de carneiro

nheiro americano R. Proctor, do Bureau of Waterworks and Supply de Los Angeles,

publicou em 1933 na revista «Engineering News Record» uma série de artigos descrevendo um processo a seguir na compressão de aterros, processo êste constando de uma série de operações de laboratório e de verificações no campo e no próprio atêrro e que ficou consagrado com o seu nome.

Por êle se verifica que são muito poucas as terras que após uma série de operações de umedecimento e compressão por cilindros de pés de carneiro não satisfaçam às condições principais:

1) Um atêrro saturado de umidade, tem sempre uma percentagem de matéria sólida, que quando suficientemente compactada pode ficar em equilíbrio mesmo que essa saturação atinja o limite.

2) A compacção deve ser tal que obrigue as correntes de infiltração a fazerem-se com velocidade tal que as mais finas partículas do atêrro não sejam arrastadas.

Vamos descrever de modo sumário as operações necessárias para a execução do processo Proctor.

Quando se cilindra um atêrro, tem-se por fim torná-lo mais compacto, isto é, diminuir-lhe o número de vazios. Aplicando água durante o cilindramento, o atrito entre as partículas modifica-se e até certo ponto pode facilitar aquela operação, tanto mais que a água da rega tende a diminuir as fôrças de capilaridade. Mais adiante se verá no gráfico respectivo a influência que a percertagem de água tem na compacção de um atêrro.

Verifica-se, estudando a curva respectiva, que num atêrro compactado ao máximo há três elementos principais: *A parte sólida,* representada pelas partículas do solo de que o atêrro é constituído, a *parte líquida,* representada pela água que o solo já continha naturalmente e pela que se lhe adicionou antes do cilindramento ou durante êste, e a *parte gasosa* constituída pelo ar que durante as operações de cilindramento não se conseguiu expulsar totalmente.

Vemos então que a quantidade de água a aplicar varia com o equipamento de que se dispõe para compactar o atêrro, pois que a percentagem de vazios será tanto menor, isto é, o atêrro será tanto mais compacto quanto maior efeito de compressão tiver o equipamento de que se dispõe.

É evidente que há um limite, pois que, teòricamente, um equipamento extraordinàriamente pesado esmagaria as partículas do solo e modificaria as propriedades físicas dêste, não se tratando já, portanto, do mesmo solo com que tínhamos iniciado a operação.

Os estudos de laboratório consistem em determinar para uma determinada amostra de solo quais as condições em que se deve colocar no atêrro, tanto pelo que diz respeito à sua percentagem de umidade como ao grau de compacção que deverá sofrer.

Para não nos repetirmos, vamos dizer como foi o processo Proctor aplicado à construção da ensecadeira de montante de barragem de Vale de Gaio, tendo em conta que em vez de cilindros de pés de carneiro se aplicou para a compacção um pilão accionado por uma grua. (*Fig. 1*).

Escolhido o local donde se retiraria a terra necessária à construção do atêrro da ensecadeira foi feita uma rêde de poços, que ocupavam os vértices de uma rêde ortogonal quadrada, de malha de 20^m, e tiradas 3 séries de amostras tipos que foram remetidos ao I. S. A., obtendo-se os seguintes resultados.

	A	B	C
> 5 mm	0,84	0,19	0,05
3 — 5 »	1,45	0,68	0,39
3 — 2 »	1,18	0,71	0,76
2 — 1 »	2,87	1,97	3,70
1 — 0,25 »	16,26	14,11	29,72
0,25 — 0,12 »	28,95	34,76	43,04
0,12 — 0,06 »	25,39	23,50	13,30
0,06 — 0 »	23,06	24,08	9,04
	100,00	100,00	100,00

Gràficamente encontram-se representadas na *fig. 3*, acompanhadas da linha de limite para barragens impermeáveis.

A compacção utilizada na ensecadeira era obtida com uma massa de 1.400 kg em queda livre de $2^m,5$ de altura, e 6.400 cm^2 de superfície de choque. No laboratório seguimos a compacção indicada por Proctor: Uma massa

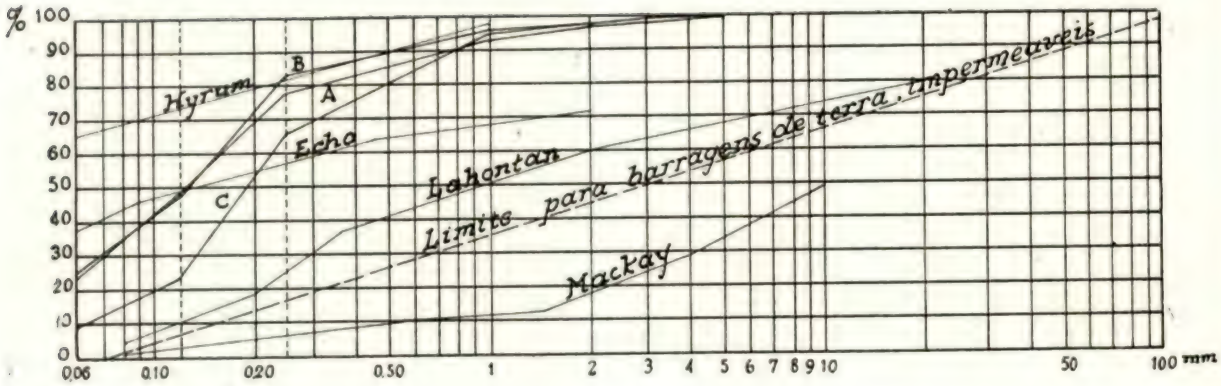


Fig. 3

de 2,5 kg em queda livre de $0^m,30$, e 5 cm^2 de superfície de apoio.

Convém notar que as fôrças vivas desenvolvidas num e noutro processo não são iguais, pois que o maço de 2,5 kg teria de cair de uma altura de $1^m,10$ para ter efeito unitário igual ao da massa de 1.400 kg. Isso explica, em parte, os valores elevados obtidos na compacção da ensecadeira.

*
* *

No laboratório dispunha-se do seguinte material:

Cilindro de compacção e acessórios (*Fig. 4*)
Balança até 20 kg
Balança até 100 gr
Cápsulas de níquel para secar terra
Estufa de ar quente
Vasos graduados
Crivos, excicador.

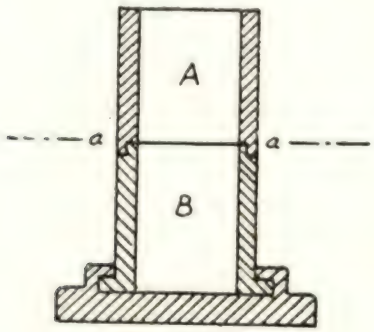


Fig. 4

No ensaio de uma terra, uma vez que, como dissemos o seu ensaio granulométrico está feito, crivamos 3 kg pelo crivo de 5 mm, por cada ponto das curvas que desejarmos obter. Em regra, 5 a 7 pontos são suficientes.

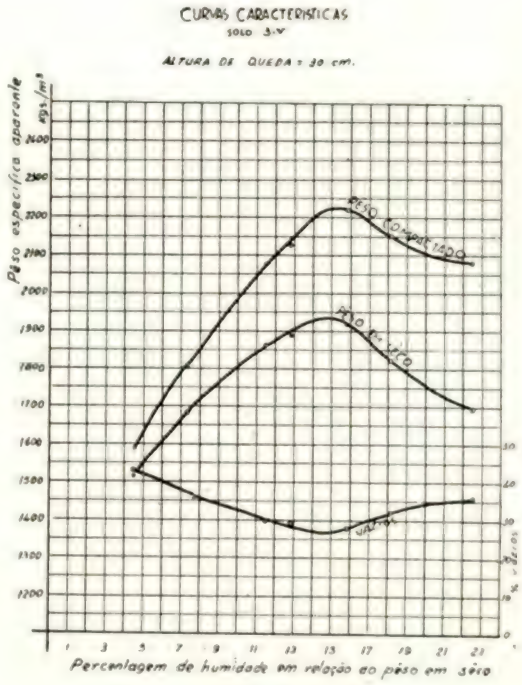


Fig. 5

Das curvas características, a que mais interêsse tem, é a do pêso em sêco, (*Figs. 5 a 8*) a única que segundo nossa opinião tem significação imediata. A curva de plasticidade (*Fig. 9*) apresenta anomalias tão importantes, e de que mais adiante daremos conhecimento, que é necessário, cremos nós, tomar os resultados obtidos, mais como primeira indicação do que como valor absoluto.

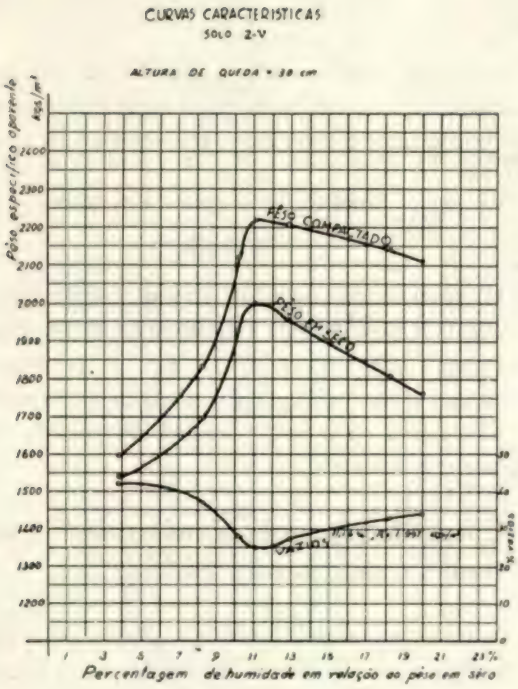


Fig. 6

A curva de percentagem de vazios, (*Fig. 5 a 8*) ligada à curva de pêso em sêco, tem também um interêsse relativo. Vamos ver como se traçam estas curvas.

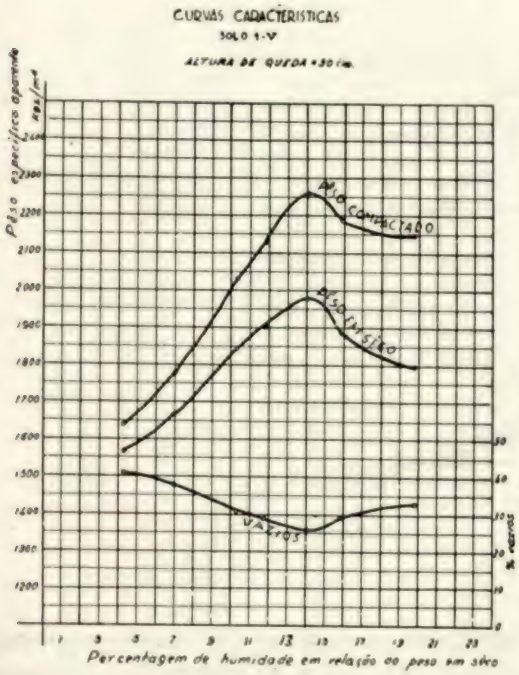


Fig. 7

a) **Curva de pêso em sêco** (*abcissas* $^0/_0$ de umidade; *ordenadas:* kg/m^3)

Tomam-se os 3 kg de terra crivada e retira-se uma amostra de 15 gr para secar na estufa até pêso constante, e desta maneira determinar a percentagem de umidade. Enche-se completamente o cilindro B (*Fig. 4*), com aquela terra e comprime-se com o maço de 2,5 kg deixado cair de altura de 30 cm; enche-se por mais duas vezes, até que o cilindro B tenha só terra compactada.

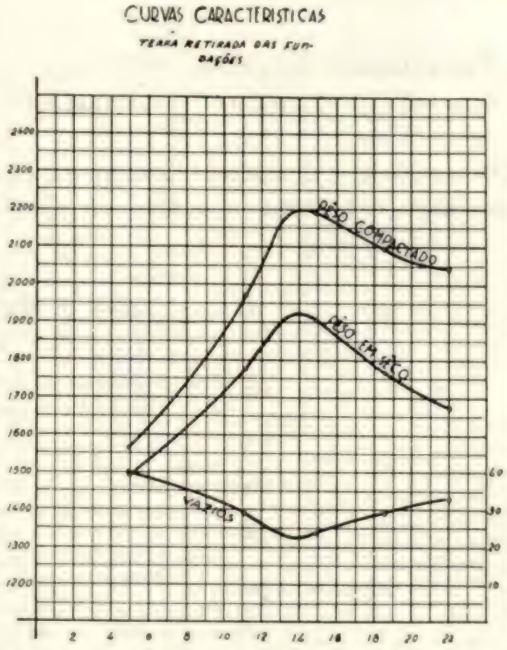


Fig. 8

Retira-se o cilindro A e corta-se por *aa* com a rasoura.

Pesa-se a terra contida no cilindro B, e como o volume que êle limita é conhecido, determinamos desta maneira o pêso unitário do terreno compactado. Uma vez determinada a percentagem de umidade que a terra contém, achamos o pêso em sêco. *A percentagem de umidade faz-se em relação ao pêso em sêco.* Se desejarmos obter outros pontos da curva, seca-se a terra, o que, caso seja possível, se pode fazer ao sol e em seguida vamos adiccionando água, que se mistura o mais intimamente possível com a terra.

Um facto muito curioso que convém notar é

a dificuldade que há em obter uma mistura homogénea com percentagem constante de umidade, mesmo num simples balde com 3 kg de terra. Isso é devido ao facto das partículas de argila contidas na terra impedirem a distribuïção uniforme daquela. Daqui se pode avaliar de que é *veleidade pretender executar um atêrro com uma percentagem de umidade fixa «à priori» a partir do máximo da curva de pêso em sêco.* Na construção do atêrro só é razoável, porque só isso corresponde à realidade, trabalhar entre limites de percentagens de umidade para os quais o pêso em sêco do atêrro compactado seja aceitável.

b) Percentagem de vazios (*abcissas:* % de umidade; *ordenadas* % de vazios)

Determina-se a densidade da terra em ensaio, o que fazíamos deitando dentro de uma proveta graduada, com água destilada, um pêso determinado de terra. A relação dos pesos dá-nos a densidade, aliás por defeito, pois dêste modo não se consegue expulsar todo o ar, (não fizemos o vácuo).

Uma vez determinada a densidade da terra, e sabido o pêso em sêco para uma determinada percentagem de umidade, temos que os vazios são:

$$V = \frac{\text{densidade} - \text{pêso em sêco}}{\text{densidade}}$$

Os resultados obtidos em 4 experiências: 1 V, 2 V e 3 V e 4 B encontram-se representados nas *figs. 5 a 8.* A *fig. 8* representa as curvas de terra argilosa retirada da fundação da barragem, por estar muito misturada com o xisto e a areia.

c) Curva de plasticidade (*abcissas:* % umidade; *ordenadas* kg/cm²)

A curva de plasticidade (*Fig. 9*) traça-se unindo os pontos que se obtêm da média de 3 leituras da agulha de plasticidade, em cada compressão, no cilindro (*Fig. 4*), a determinada percentagem de umidade.

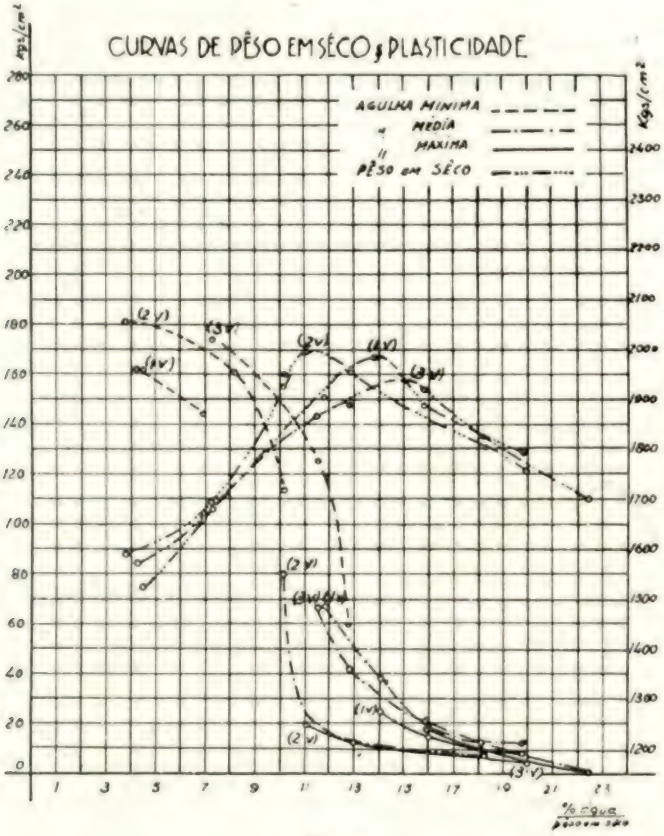


Fig. 9

A agulha de plasticidade não é mais do que um dinamómetro (*Fig. 13*) cuja mola trabalha pela compressão produzida por uma agulha de secção determinada, que se enterra no terreno à velocidade de 12 mm/seg.

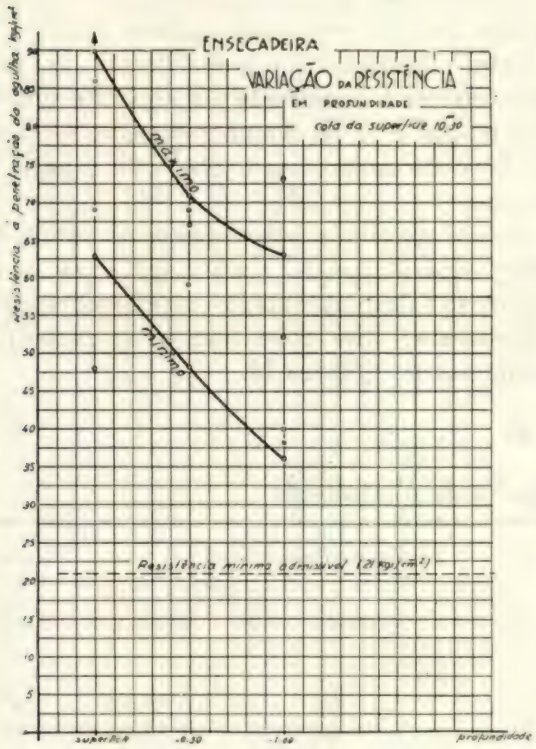


Fig. 10

Uma haste graduada e uma anilha de referência dão-nos a medida de cada leitura.

Há 3 agulhas: máxima, mínima e média, com superfícies diferentes (0,754 cm², 0,166 cm² e 0,478 cm²) destinadas a distribuir a pressão da mola do dinamómetro por uma maior ou menor superfície. A agulha mínima emprega-se nos ensaios de terra muito sêca e a máxima no caso de terra muito úmida.

É preciso tomar cuidado nas leituras, pois que as pontas das agulhas gastam-se muito com o uso, diminuindo-lhes a secção de apoio e falseando os resultados da leitura se não se corrigirem as tabelas respectivas. Para êsse fim há cabeças sobressalentes, que acompanham o estôjo da agulha.

A tabela de leitura para as diferentes agulhas e para as secções está indicada no quadro I:

QUADRO I

Tabela dos coeficientes e leituras reduzidas da agulha de plasticidade

Kgs.	(0,1662) **Máxima** 6,0171 (Kg/cm²)	(0,4778) **Média** 2,0927 (Kg/cm²)	(0,7543) **Mínima** 1,3257 (Kg/cm²)
1	6	2	1
2	12	4	3
3	18	6	4
4	24	8	5
5	30	10	7
6	36	13	8
7	42	15	9
8	48	17	11
9	54	19	12
10	60	21	13
11	66	23	15
12	72	25	16
13	78	27	17
14	84	29	19
15	90	31	20
16	96	33	21
17	102	36	23
18	108	38	24
19	114	40	25
20	120	42	27
21	126	44	28
22	132	46	29
23	138	48	30
24	144	50	32
25	150	52	33
26	156	54	34
27	162	57	36
28	168	59	37
29	174	61	38
30	181	63	40
31	187	65	41
32	193	67	42
33	199	69	44
34	205	71	45
35	211	73	46
36	217	75	48
37	223	77	49
38	229	80	50
39	235	82	52
40	241	84	53
41	247	86	54
42	253	88	56
43	259	90	57
44	265	92	58
45	271	94	60

II PARTE

Parecia à primeira vista que o número de kg/cm² lidos com uma agulha devia ser igual, ou sensivelmente aproximado, ao lido com a agulha imediatamente inferior, mas isso não sucede. O gráfico (*Fig. 9*) mostra bem o que fizemos notar.

Temos a impressão de que outro fenómeno diferente do de compressão está em jôgo — fenómeno semelhante ao do «poinçonement» de betão armado — deve então haver aqui uma proporcionalidade ao perímetro de agulha.

Se chamarmos: D o diâmetro da agulha, P a fôrça em kg medida no dinamómetro e r_x o valor da carga unitária do «poinçonement», teremos que a fôrça total lida no dinamómetro está equilibrada pela resistência do terreno e pelo atrito provocado durante a punção do terreno:

$$P = \pi D \left(X \frac{D}{4} + r_x h \right)$$

sendo X o número de quilogramas que se distribuem na face da agulha e h profundidade que ela penetra no terreno.

Vemos portanto que a resistência oferecida pelo terreno à penetração da agulha é inferior àquele que se lê no dinamómetro, se se entrar em linha de conta com o efeito de punção no terreno.

Na *fig. 9*, temos sobrepostos os resultados das 3 experiências 1 V, 2 V e 3 V e as partes das curvas de plasticidade correspondentes às diferentes agulhas, cujas leituras se encontram resumidas no Quadro II.

QUADRO II

Resultados obtidos com a agulha de plasticidade

Amostras	Pêso compactado Kgs/m³	Umidade %	Pêso em sêco Kgs/m³	Leituras da agulha			Percentagem de vazios
				Máxima	Média	Mínima	
1-V	1637	4,32	1569	—	> 94	46/50/52	41
	1782	7,00	1665	—	> 94	33/33/29	38
	2036	10,30	1846	—	> 94	41/34/34	31
	2127	11,80	1903	—	63/65/75	—	29
	2260	14,05	1982	114/114/108	38/38/36	—	26
	2188	15,95	1887	60/63/66	17/21/18	—	29
	2154	19,80	1798	36/36/30	10/10/14	—	33
2-V	1596	3,80	1538	—	> 94	46/41/32	42
	1835	8,30	1694	—	> 94	28/41/39	37
	2120	10,21	1924	—	71/92/73	24/30/21	28
	2219	11,11	1997	114/72/190	25/21/25	—	25
	2207	12,90	1955	75/54/54	10/13/13	—	27
	2139	18,34	1808	30/30/36	8/8/9	—	32
	2112	20,00	1760	18/18/18	0/6/5	—	34
3-V	1588	4,53	1519	—	> 94	45/36/28	43
	1808	7,27	1685	—	> 94	45/36/49	37
	2078	11,52	1863	—	63/65/76	32/30/20	30
	2131	12,77	1890	—	38/42/46	13/15/14	29
	2222	15,85	1918	78/96/78	19/22/20	—	28
	2154	18,11	1824	57/54/36	15/13/10	—	32
	2078	22,44	1697	0	0	—	36
4-B	1565	4,90	1492	—	94/>94/>94	30/18/25	40
	1975	11,11	1778	> 271	54/61/61	16/21/21	29
	2192	14,90	1908	187/168/156	39/39/40	9/9/9	24
	2097	18,50	1770	18/12/18	2/3/2	—	29
	2044	22,00	1675	0	0	0	33

Pelos resultados que se encontram traduzidos gràficamente na *fig. 9,* vemos que na curva de plasticidade há autênticos pontos de suspensão, consoante se estuda determinado terreno com uma agulha ou com outra. Estas experiências, que foram executadas com todo o cuidado e já precavidos com a observação que fazemos acima, levaram-nos à conclusão do que mais acima dizemos. — A agulha não lê, valores que se exprimam em kg/cm² de pressão sòmente.

Cremos, contudo, que ela é um bom auxiliar de construção e contrôle dos trabalhos, mas, e isto reputâmo-lo importantíssimo, não se deve deixar a interpretação dos seus resultados, por vezes paradoxais, à mente de pessoas que não têm preparação para... filosofar sôbre êles...

Para terrenos argilosos deve-se ressentir mais ainda a disparidade de resultados, pois que o atrito nas paredes da agulha deve aumentar.

Aqui fica consignado o desejo de que o assunto deveria ser profundado e melhor estudado por quem para tal pudesse dispor de oportunidade.

Variação da resistência em profundidade (*abcissas:* profundidade ; ordenadas kg/cm²)

Como as camadas de terra de 1,30, depois de comprimidas ficavam com cêrca de 1,00 de espessura, as experiências da variação da resistência à penetração de agulha, em profundidade, foram feitas: à superfície, a 0ᵐ,50 e a 1ᵐ,00.

Nas experiências à superfície, é sempre necessário retirar a camada superficial, mais endurecida pela perda da umidade.

Em duas experiências, por exemplo, obtivemos os seguintes resultados:

	à superfície	a — 0ᵐ,50	a — 1ᵐ,00
(*Fig. 10*)	> 90 kg/cm²	71 kg/cm²	73 kg/cm²
	> 90 »	69 »	63 »
	86 »	67 »	52 »
	69 »	59 »	40 »
	63 »	59 »	38 »
	48 »	48 »	36 »
(*Fig. 11*)	> 90 »	> 90 »	63 »
	> 90 »	86 »	50 »
	88 »	86 »	42 »
	73 »	84 »	40 »
	63 »	65 »	31 »
	48 »	59 »	27 »

Como as experiências foram realizadas sôbre o atêrro da ensecadeira, em vez de tomarmos a média das leituras, traçamos as curvas dos máximos e dos mínimos das leituras.

É, a nosso ver, mais lógico e está mais de acôrdo com a própria imprecisão do método de Proctor e com a natureza da variação da homogeneidade do atêrro, o trabalhar-se entre os limites máximo e mínimo, do que trabalhar-se com valores obtidos por uma média aritmética que não tem significação física.

Se admitirmos que a pressão exercida à superfície se propaga integralmente em profundidade, segundo uma lei qualquer, o que é verdadeiro só para uma espessura pequena, em que se pode desprezar a absorpção do choque pelas partículas de terra circunjacentes, podemos, uma vez sabida a fôrça à superfície obtida pelo produto da leitura da agulha pela

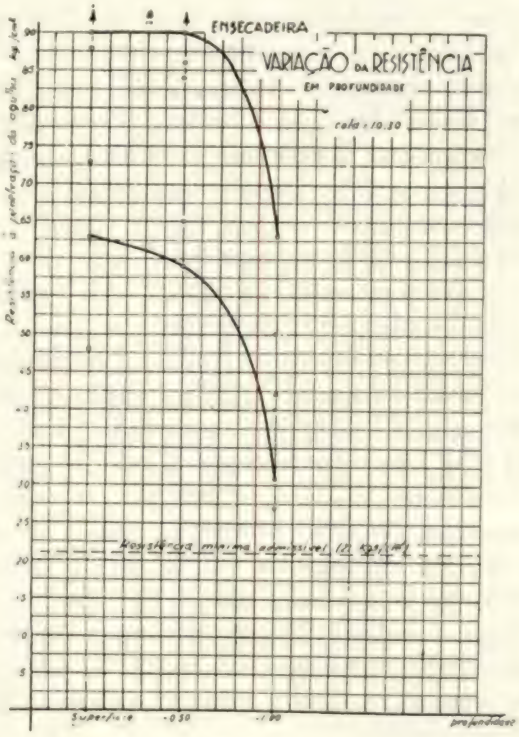


Fig. 11

superfície do pilão, achar a superfície sôbre a qual se exerce a uma determinada profundidade a pressão que a agulha ali leu; para isso dividiremos o produto da área do pilão e da pressão à superfície pela pressão lida a uma certa profundidade.

Aproveitando os gráficos das *figs. 10 e 11* podemos traçar o gráfico da *fig. 12*.

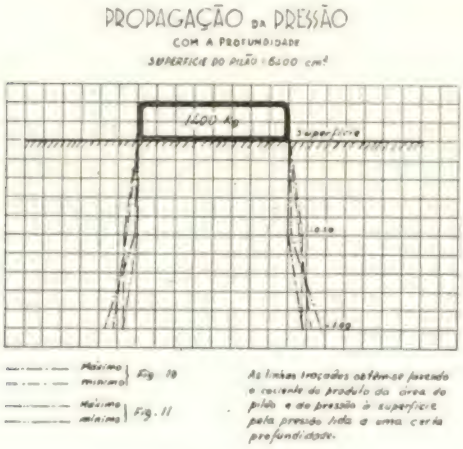


Fig. 12

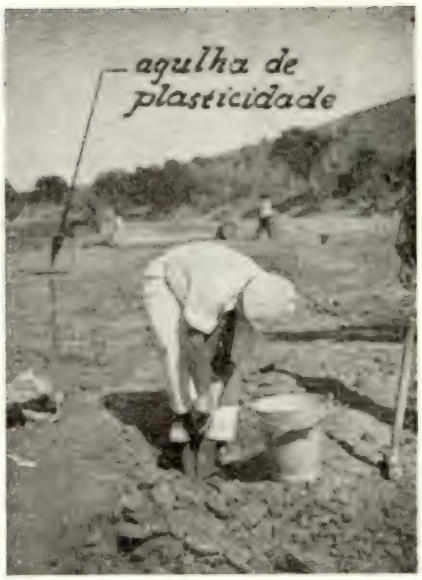


Fig. 13

Verificação do pêso no próprio atêrro

Ensaio do pêso em sêco na própria ensecadeira

Vimos precedentemente, que se obtinham no laboratório as características essenciais do solo a compactar no atêrro. Essas características, traduzidas pelas curvas respectivas, habilitavam-nos a verificar no atêrro, durante a sua construção ou depois de concluído, se se tinham obtido os valores que o laboratório mostrava poder-se esperar dêle.

Assim, durante a compacção, e com a agulha de plasticidade podíamos verificar se, (curva de plasticidade), o atêrro continha a quantidade de umidade necessária para se obter um bom pêso em sêco; (o óptimo é inimigo do bom...). Para êsse fim, trazia-se para o local do atêrro, o cilindro do laboratório, no qual se fazia a compacção. As três leituras da agulha dentro do cilindro, mostravam se o atêrro estava com a umidade conveniente.

Nesse caso procedia-se à compacção, em regra sendo suficientes 3 pancadas de pilão em cada superfície para a levar ao pêso em sêco conveniente.

A determinação do pêso em sêco no atêrro obtinha-se do seguinte modo (*Fig. 13*): Retirava-se a camada superficial e nivelava-se uma pequena superfície da qual se extrai um volume de terra conhecido, pois substitue-se a terra compactada por areia sêca, lançada com um vaso graduado, *e sem se calcar*. Pesando a terra que se extraiu do atêrro e achando a percentagem de umidade, podemos achar o pêso em sêco. Sabida a densidade acha-se a percentagem de vazios:

Exemplos:

(Ensaio a $0^m,10$ de profundidade)

Volume retirado.....	440 cc
Pêso compactado	855,70 gr
Pêso compactado /mc.	1944,7 kg
Percentagem de umidade	11,52 %
Pêso em sêco /mc.	1743,8 kg
Densidade	2,67
Percentagem de vazios...	34,68 %

(Ensaio a $0^m,60$ de profundidade)

Volume retirado.....	500 cc
Pêso compactado	971,80 gr
Pêso compactado /mc.	1943,6 kg
Percentagem de umidade	11,11 %
Pêso em sêco /mc.....	1749,2 kg
Densidade	2,67
Percentagem de vazios....	34,48 %

Temos assim, que empregando o pilão, se obtêm resultados tão bons como aquêles em que se utiliza o equipamento de cilindro de pés de carneiro, com a vantagem de se poderem aplicar, de cada vez, camadas muito mais espessas ($1^m,30$ em vez de 30 cm).

BIBLIOTECA I.S.T.

No seu interessante livro *Stau-und-Kanaldämme aus Erde und Fels,* o Dr. Eng. O. Walch, diz:

«Mesmo usando cilindros bastante pesados «e até de superfície dentada, o cilindramento «não tem grande efeito a partir duma certa «profundidade. Pelo cilindramento obtêm-se «superfícies lisas (*) de modo que cada camada «constitue uma fôlha ficando uma estrutura «análoga à do betão muito sêco. Para evitar «esta desvantagem tem-se gradado, novamente, «nalguns casos, a superfície cilindrada com «grades especiais, mas perdendo-se assim nova«mente uma partida (**), efeito de cilindragem «e especialmente camadas que estavam mais «comprimidas.

«Os resultados obtidos com a cilindragem «nem sempre são satisfatórios e por isso tem-se «usado nas mais recentes realizações bater o «terreno com grandes pilões.

«Dêste modo obtém-se uma compressão do «terreno extraordinàriamente intensa, que se «mantém mesmo depois de fortes abalos, fi«cando também comprimidas as partes do ter«no que não ficam imediatamente abaixo do «pilão. Além disso não há superfícies contínua«mente lisas neste modo de trabalhar.

«Podem-se usar, sem hesitação, camadas de «$1^m,5$ a $1^m,8$ de espessura, as quais vão sendo «batidas sucessivamente. A compressão é tam«bém extraordinàriamente eficaz mesmo nas «camadas mais fundas.

«Por meio de escavações pode-se verificar «que a compressão obtida é absolutamente su«ficiente a profundidades de $1^m,5$ até $2^m,00$.

«Em 8 horas de trabalho, pode-se comprimir, «batendo-a duas vezes numa área de 300 a «350 m^2.»

Claro que no caso dos cilindros armados de pés de carneiro, desaparecem os inconvenientes duma superfície lisa, mas há o inconveniente de se empregarem camadas de 30 cm que ficam reduzidas a 15 cm depois da compressão. E às vezes é necessário gradar esta superfície.

Também nas modernas auto-estradas alemãs, se executaram aterros empregando o pilão. Assim, temos notícia, de que nas auto-estradas Berlim-Stettin; Hamburgo-Lubeck; Bremen-Hamburgo; Munich-Salzburgo; Colónia-Duisburgo; Francfort-Heidelberg se empregaram pilões nas seguintes condições:

Pêso do pilão: 2 ton.

Superfície: 90 × 90 cm.

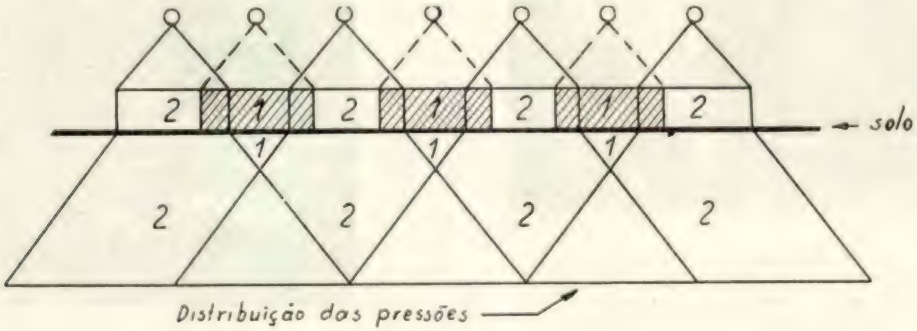


Fig. 14

«A vantagem dêste método de trabalho resu«me-se da seguinte forma:

«1.º Uma muito boa compressão

«2.º Não existência de camadas de cilin«dragem contìnuamente lisas, não «sendo portanto necessárias grada«dagens ou escarificação.

Altura de queda: 2 m.

Abaixamento do atêrro pelo choque: 20 %.

Espessura da camada: Areia: 90 cm.
Pedra: 60 cm.

Número de pancadas: (2 + 1) batidas da seguinte forma:

Uma pancada alternadamente no meio dos locais, também alternados, onde houve 2 pancadas, admitindo portanto a seguinte distribuïção de cargas de compressão do pilão (*Fig. 14*).

(*) Não é o caso dos cilindros de pés de carneiro.
(**) É o caso dos cilindros de pés de carneiro.

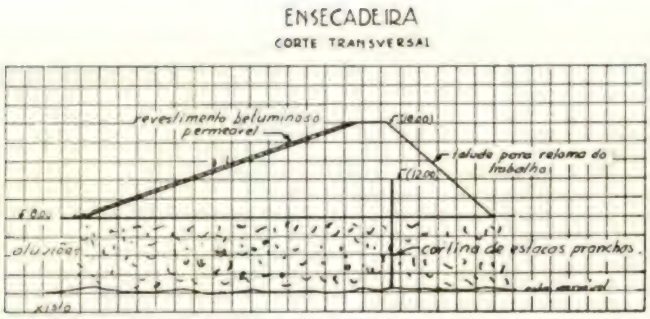


Fig. 15

III PARTE

Descrição sumária de algumas fases da construção:

A ensecadeira de montante da barragem de Vale de Gaio (*Fig. 15*), foi precedida da construção da galeria de desvio (*Figs. 16 e 17*).

Esta galeria estava calculada teòricamente para a evacuação de uma cheia de 550 m³/seg.

Fig. 16

Galeria de desvio-bôca de montante
Taludes revestidos de betão simples

Antes do começo do atêrro pròpriamente dito, procedeu-se à limpeza da fundação, parte aluvionária constituída por areias grosseiras, xisto em detritos e calhaus rolados. O terreno firme era constituído por xistos do devónico (?), muito fendidos e nalguns pontos permeáveis; contudo, o saneamento de fundação da ensecadeira não chegou ao xisto. Como nucleo impermeável da ensecadeira, empregou-se uma cortina de estacas-pranchas *Larssen* (perfis n.os III e IV); movendo-se o bate-estacas sôbre o próprio atêrro (*Figs. 18 a 21*).

O transporte de terra para o atêrro era feito por locomotivas a vapor, que despejavam directamente no local do emprêgo a terra transportada de 1 km a juzante (*Fig. 22*).

Fig. 17

Galeria de desvio-bôca de jusante
Taludes revestidos de alvenaria

O talude de montante era protegido por um revestimento betuminoso, permeável para que não se desse retenção de águas na parte posterior, e com a expessura de 10 cm, (*Fig. 23*).

Depois de acabada, a ensecadeira tinha um belo aspecto (*Fig. 24*). Começada no verão de 1938 estava concluída para suportar as cheias do outono e inverno seguintes.

Fig. 18

Fig. 19

Fig. 20

Fig. 21

Diferentes fases da cravação da cortina de estacas pranchas

Fig. 22

Transporte de terras para a ensecadeira

Fig. 23

Construção do revestimento betuminoso

Fig. 24

Ensecadeira depois de concluída

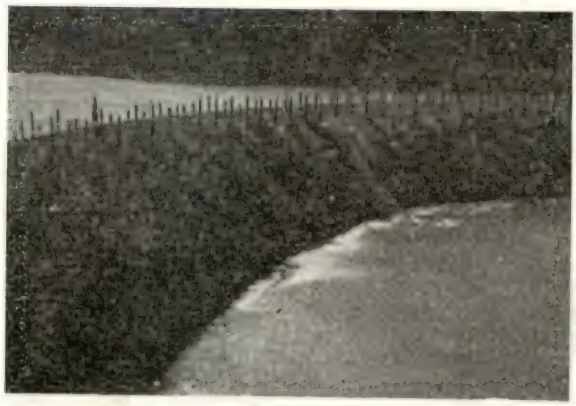


Fig. 25

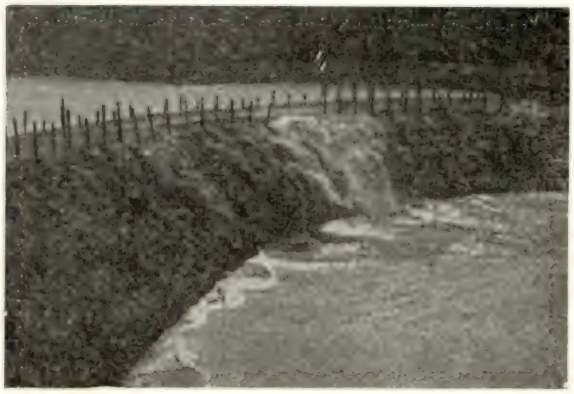


Fig. 26

Fig. 27

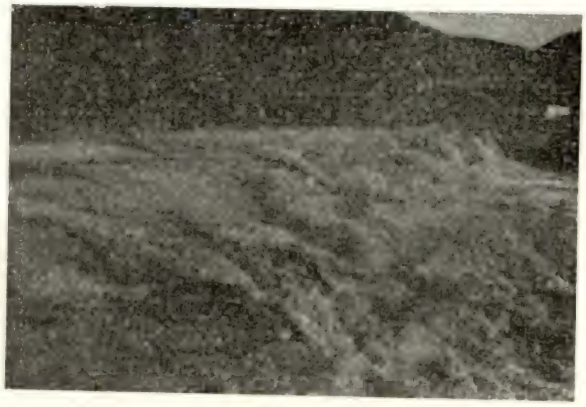


Fig. 28

Figs. 25 a 28 — Diferentes fases da passagem da cheia de 1940

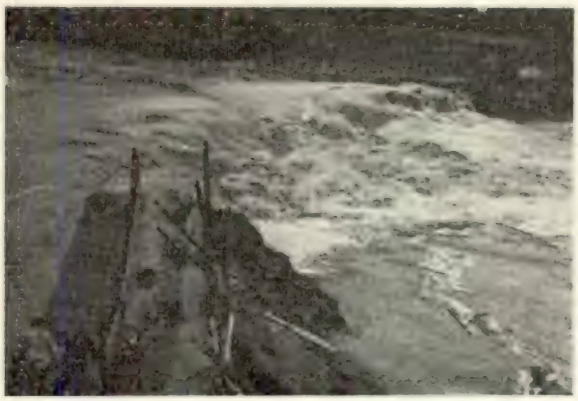


Fig. 29

Fig. 30

Fig. 31

Figs. 29 a 31 — Outras fases da passagem da cheia de 1940

Com efeito, em Dezembro de 1938, esteve prestes a ser galgada, pois que o nível da cheia elevou-se a menos de 50 cm do coroamento.

Após a passagem do perigo, foi alteada $1^m,60$, à custa de respaldo de terra de jusante, estreitamento do coroamento, e protegido por sacos cheios de terra. Assim conseguiu passar as cheias da Primavera que a não molestaram. Para as cheias do inverno seguinte, estava projectada a construção de um segundo alteamento constituído por duas paliçadas de madeira, cravadas sòlidamente na ensecadeira, e preenchidas no seu intervalo por terra argilosa comprimida. Êste trabalho não estava ainda concluído quando sobreveio a memorável cheia de 1 para 2 de Janeiro de 1940, em que a ensecadeira foi galgada. As *figs. 25 a 29* mostram as principais fases da cheia e as *figs. 30 a 31* os seus resultados.

Contudo, e como é sabido, barragem de terra galgada é barragem perdida, a ensecadeira esteve a descarregar a cheia pela crista, durante 1 h e 20 minutos, com aspecto semelhante ao da *fig. 28*!!

Mais, a cheia levou o terreno natural do lado da margem esquerda (xisto) e deixou ficar uma parte importante da ensecadeira, e margem direita (*Figs. 30* e *31*).

É interessante apontar, a título de curiosidade, os assentamentos lidos nos marcos de crista da ensecadeira:

Ensecadeira de Montante

Assentamentos:

N.º dos Marcos	Cota base em 25-XI-38 m	Cota em 12-XII-38 m	Desnível mm	Cota em 17-I-39 m	Desnível mm	Cota em 20-V-39 m	Desnível mm	Observações
MD — T_1	18,714	18,714	**Zero**	18,702	**12**	*	—	ME — Margem esquerda.
1	18,709	18,706	**3**	*	—	*	—	MD — Margem direita.
2	18,699	18,687	**12**	18,668	**31**	*	—	T — Tangentes da curva da crista, em planta.
3	18,707	18,689	**18**	*	—	*	—	* — Indica que a leitura não se realizou por não interessar ou por impossibilidade material devido a encobrimento do marco por qualquer obstáculo.
4	18,745	18,721	**24**	18,700	**45**	*	—	
5	18,719	18,699	**20**	18,679	**40**	*	—	
6	18,696	*	—	18,657	**39**	*	—	
7	18,707	18,687	**20**	18,669	**38**	18,637	**70**	
eixo — 8	18,752	18,735	**17**	18,710	**42**	18,635	**94**	
9	18,729	18,712	**17**	18,680	**49**	18,591	**100**	
10	18,691	18,661	**30**	18,636	**55**	18,566	**92**	
11	18,658	18,621	**37**	18,601	**57**	18,595	**68**	
12	18,663	18,635	**28**	18,620	**43**	*	—	
13	18,700	18,670	**30**	18,644	**56**	*	—	
14	18,737	18,715	**22**	18,684	**53**	*	—	
15	18,786	18,763	**23**	*	—	*	—	
ME — T_2	18,764	18,740	**24**	*	—	*	—	

Hoje a ensecadeira nova que foi construída, atinge já a 2.ª fase, isto é, a cota 25^m, e possui a paliçada a que atrás nos referimos. Foi construída, parte com o pilão (a que não está dentro do perfil teórico da barragem), e a restante com cilindros armados de pés de carneiro.

Breve simplificação nos cálculos estáticos das estruturas

PELO ENG. CIVIL (U. P.) EDGAR CARDOSO

Está actualmente muito em uso o emprêgo dos processos puramente analíticos de cálculo de estruturas. Pretende-se, para bem calcular, conhecer com precisão as hipóteses de solicitação mais desfavoráveis para cada uma das secções julgadas em peores condições de estabilidade; mas tal só é possível, às vezes ainda deficientemente, pela utilização das linhas de influência dos esforços — dos momentos flectores e de torção, e dos esforços normais e tangenciais.

No caso particular de flexão plana, há a determinar, pelo menos, para cada secção, três linhas de influência, a saber: a linha de influência dos momentos flectores, a linha de influência dos esforços normais e a linha de influência dos esforços tangenciais, por exemplo. No mais geral, teremos que estudar várias secções; os cálculos não apresentam qualquer dificuldade, mas tornam-se muito extensos e morosos pois que, cada linha, necessita algumas dezenas de operações algébricas.

Nós vamos indicar uma maneira, extremamente simples, de reduzir as determinações analíticas, quando o maior efeito é devido à acção do momento flector, que é sem dúvida a hipótese mais vulgar; é o caso dos arcos e abóbadas encastrados ou articulados das pontes de estrada e caminhos de ferro e da maioria das construções por nós efectuadas.

Sabemos que estas páginas são desprovidas de todo o valor; têm apenas por intensão poupar trabalho *àqueles que ainda porventura não pensaram na possível simplificação dos seus cálculos. Eis a razão porque ousamos publicá-las.*

Suponhamos que temos um arco encastrado (Fig. 1) e que determinamos as hiperstáticas do fecho para as várias posições duma carga móvel ($P = +1$) percorrendo o arco. Sejam M_0, N_0 e T_0 (Fig. 2, *a*), *b*) e *c*)) as linhas de influência dos momentos flectores, esforços normais e esforços tangenciais, tomadas para hiperstáticas e que determinamos por qualquer processo.

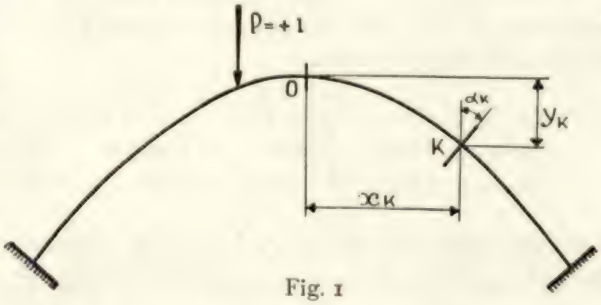


Fig. 1

Para obtermos o momento flector m_k, esfôrço normal n_k e esfôrço tangencial t_k numa secção qualquer K fazendo um ângulo α_k com a secção 0 é suficiente lançar mão das equações da Estática (a primeira dos momentos estáticos e as segunda e terceira das projecções):

$$m_k = m_o + t_o x_k - n_o y_k \qquad 1)$$
$$n_k = n_o \cos \alpha_k + t_o \operatorname{sen} \alpha_k \qquad 2)$$
$$t_k = t_o \cos \alpha_k - n_o \operatorname{sen} \alpha_k \qquad 3)$$

na hipótese da carga $P = +1$ se encontrar à esquerda do fecho ou à direita da secção K.

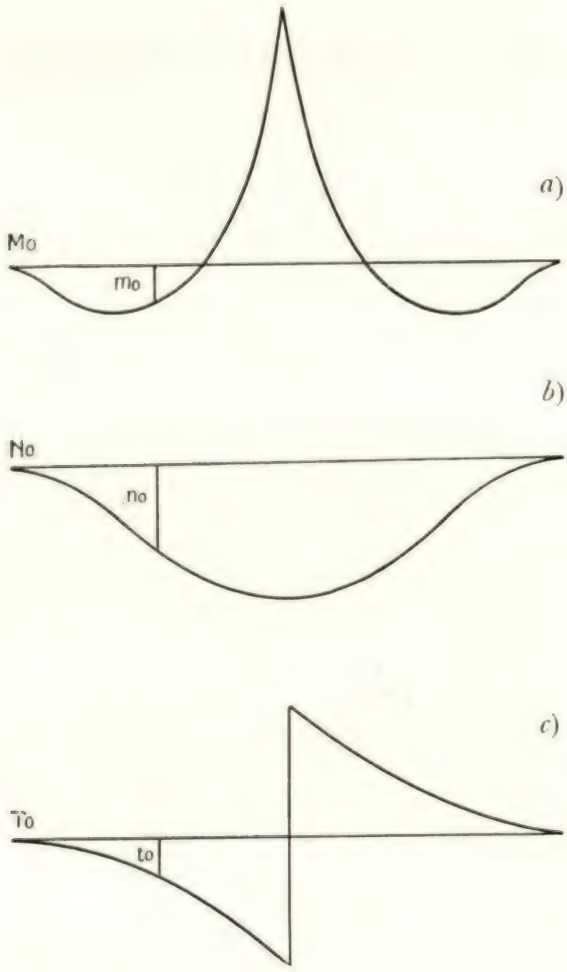


Fig. 2

Se a carga $P = +1$ está colocada entre 0 e K, hipótese da Fig. 3, as equações anteriores transformam-se nas seguintes:

$$m_k = m_o + t_o x_k - n_o Y_k P + (x_k - x_p) \qquad 4)$$
$$n_k = n_o \cos \alpha_k + t_o \operatorname{sen} \alpha_k + P \operatorname{sen} \alpha_k \qquad 5)$$
$$t_k = t_o \cos \alpha_k - n_o \operatorname{sen} \alpha_k + P \cos \alpha_k \qquad 6)$$

Portanto, para calcularmos a secção K teremos de determinar, para cada posição da carga P as três equações 1), 2) e 3) ou 4), 5) e 6).

Se o arco é simétrico e desejarmos verificar, por exemplo, 7 secções há que calcular 21 linhas de influência pelas equações anteriores.

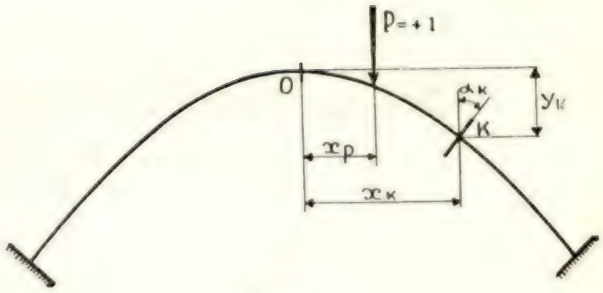


Fig. 3

Suponhamos agora que, em vez de estudarmos a secção K normal à fibra média, estudávamos a secção obliqua K_v paralela à secção de partida, no caso presente a secção vertical paralela à secção do fecho (Fig. 4).

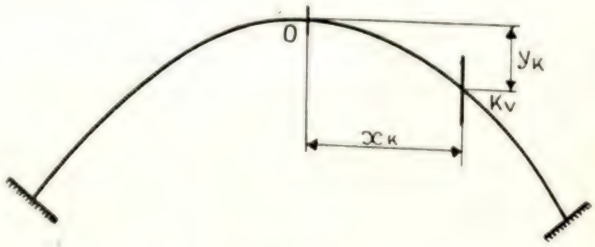


Fig. 4

Então, as equações 1), 2) e 3) transformar-se-iam em:

$$m_{kv} = m_o + t_o x_k - n_o y_k \qquad 7)$$
$$n_{kv} = n_o \qquad 8)$$
$$t_{kv} = t_o \qquad 9)$$

por ser $\alpha_k = 0$

E as equações 4), 5) e 6) transformar-se-iam por seu turno:

$$m_{kv} = m_o + t_o x_k - n_o y_k + P(x_k - x_p) \qquad 10)$$
$$n_{kv} = n_o \qquad 11)$$
$$t_{kv} = t_o + P \qquad 12)$$

Quere dizer, as linhas de influência dos momentos flectores das secções $K\alpha$ e K_v são iguais, como era de supor, visto que os momentos flectores se referem aos centros de gravidade das secções — fibra média — que admitimos serem coincidentes.

A linha de influência dos esforços normais da secção K_v é igual à da secção 0, já deter-

Baile de despedida

O dêste ano realiza-se
a 9 de Maio próximo.

INFORMA:
Telefone: 4 9144
Linha 50

minada; a linha de influência dos esforços tangenciais de K_v é a mesma da secção 0, com excepção do ramo da curva compreendido entre a secção 0 e a secção K_v, que difere apenas por as suas ordenadas serem adicionadas do valor $P = +1$. A linha de influência T_{kv} (Fig. 5) é portanto de muito fácil determinação analítica ou gráfica.

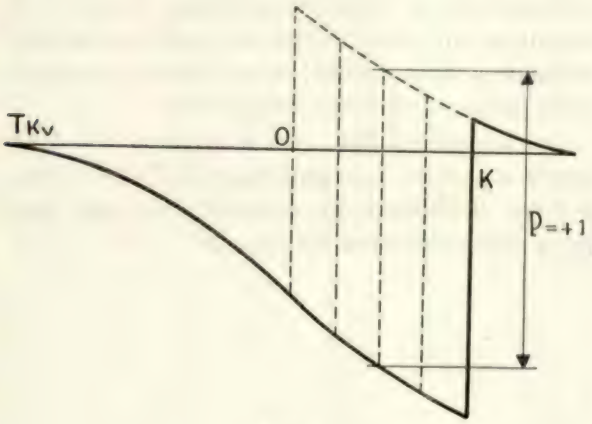


Fig. 5

Para a verificação da estabilidade da secção K_v é pois suficiente, como vimos, o estudo da linha de influência dos momentos flectores, uma vez que se conheçam as linhas de influência dos esforços M, N e T numa secção qualquer que lhe seja paralela.

Consideremos um arco simétrico solicitado por uma carga permanente também simétrica em relação ao fecho (caso mais geral). O esfôrço normal numa secção qualquer vertical K_v devido à solicitação é igual ao da secção do fecho, como vimos; o esfôrço tangencial total é o esfôrço tangencial do fecho (que é nulo) adicionado das cargas entre a secção em estudo e a secção do fecho.

Com efeito, para obtermos o esfôrço tangencial devido às cargas permanentes não temos mais do que multiplicar as cargas parciais p em que se dividiu a carga permanente total pelos ordenadas t de T_{kv} nas verticais das mesmas cargas (Fig. 6) e efectuar a soma algébrica dos produtos obtidos. Os produtos parciais p x t anulam-se 2 a 2 até às verticais de K_v e sua simétrica K'_v em relação ao fecho, pelo facto das ordenadas de T_{kv}, dessas secções, serem iguais em módulo e de sinais contrários; repare-se que, entre K_v e K'_v, a soma das ordenadas simétricas em relação a 0 é constante e igual à unidade e portanto a soma algébrica dos produtos parciais $\sum_{K'_v}^{K_v} p \times t$ é simplesmente a soma das cargas entre 0 e K_v, como desejávamos demonstrar.

Para termos finalmente o esfôrço normal na secção recta $K\alpha$, basta projectar os esforços

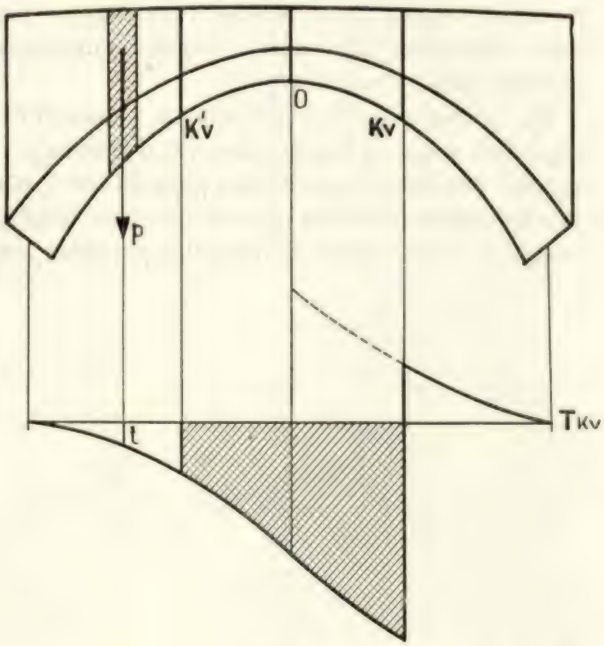


Fig. 6

N_{K_v} e T_{K_v}, determinados para K_v, sôbre a normal à secção K_α e efectuar a soma algébrica das projecções. Idênticamente, projectando os esforços anteriores N_{K_v} e T_{K_v} sôbre a própria secção K_α, obteremos o esfôrço tangencial total na secção recta em estudo.

No exemplo atrás citado as 21 linhas de influência, com os conseqüentes cálculos para a determinação dos esforços finais, reduzem-se pois a 9, por serem 3 referentes a uma secção (M_0, N_0, T_0 por exemplo) e mais 6 dos momentos flectores (M_1 M_2... M_6) das restantes 6 secções. É certo que, nem sempre se determinam as 21 linhas, pois pensa-se, geralmente, que é necessário apenas o momento flector máximo e o esfôrço normal correspondente para cada uma das secções e que é suficiente a determinação do esfôrço tangencial máximo para as nascenças, onde se diz ser máxima a tensão tangencial. Neste caso, em

vez de 21 linhas, ficaríamos com 16 por se terem suprimido as 5 respeitantes aos esforços tangenciais. A redução era ainda muito notável.

Mas, tal ideia é falsa, porque, mesmo que se não estudassem os *trabalhos elásticos máximos de comparação,* para o que são necessárias as tensões tangenciais, nenhum raciocínio nos poderá levar a dizer, *à priori* que a *tensão tangencial nas secções rectas* atinge o seu máximo nas nascenças; diremos que, vários arcos por nós calculados, não têm a tensão tangencial máxima nessas secções.

De verdade se diga que, só em casos muito especiais é que a tensão tangencial tem importância; nos arcos e abóbadas para os quais não são tolerados esforços de tracção nas secções rectas, a obliqüidade da linha das pressões, em relação à fibra média, não pode ser grande, porque, se assim fôsse, sairia fatalmente do núcleo central das secções vizinhas da secção em estudo, indo assim provocar tracções o que é contra a hipótese.

* * *

A simplificação consiste pois, resumindo, em calcularmos as secções paralelas à secção já estudada em vez de o fazermos para as secções normais à fibra média; só no final se estudarão estas últimas, se tanto desejarmos.

As considerações que acabamos de fazer basearam-se no caso particular da flexão plana; o leitor fàcilmente as estenderá ao caso mais geral das estruturas do espaço.

ASPECTOS DA SEGURANÇA NOS ASCENSORES ELÉCTRICOS

POR JOSÉ DOS SANTOS PEREIRA

(Do Curso de Engenharia Electrotécnica)

Pode parecer à primeira vista, a quem se der ao trabalho de ler o que se segue sôbre o aspecto da segurança nos ascensores eléctricos que essa segurança, no nosso País, é precária, e por conseqüência ao utilizar um dêsses meios de transporte, tão cómodo como indispensável nos tempos que vão correndo, dadas as necessidades de aproveitamento do domínio aéreo e de economia de tempo, se corre o risco de sofrer grave desastre.

Ninguém, na verdade, poderá dar garantia absoluta do contrário, mas se tivermos em consideração que o número de desastres ocorridos é insignificante para o número de ascensores instalados, alguns dos quais de montagem bastante antiga, somos obrigados a concluir que não é mais perigoso utilizar um ascensor do que utilizar um automóvel, antes pelo contrário.

Alguns dados estatísticos assim o confirmam.

Ano	Ascensores em funcionamento	DESASTRES	
		Por avaria nos dispositivos de segurança	Por outros motivos
1936 (*a*)	280	—	—
1937	304	—	3
1938	345	1	—
1939	378	—	—
1940	440	1	2

Estes números referem-se só a Lisboa e arredores pois é onde se encontra um maior número destas instalações.

Até 1936, data da publicação do actual regulamento de segurança dos ascensores e monta-cargas eléctricos, o que havia legislado sôbre o assunto era muito pouco, podendo dizer-se, que o actual regulamento é o primeiro.

Dadas as condições de evolução rápida, da técnica moderna, nada mais natural que reconhece-se insuficiente, amanhã, o que hoje parecia completo, pois não é desconhecido que a criação de nova máquina, origina o aparecimento de novos acidentes.

Às pessoas encarregadas dos serviços de fiscalização compete fazer cumprir os regulamentos de segurança e anotar aquilo que julguem mereça ser ponderado numa futura alteração dos referidos regulamentos.

*
* *

Como é óbvio, a inobservância das regras de segurança na construção dos ascensores, pode dar origem a um maior ou menor número de desastres que, serão de natureza diferente, consoante a deficiência que lhe deu origem.

Vamos por isso indicar os tipos de desastres mais correntes para seguidamente citar as normas de segurança a adoptar em cada caso com o objectivo de os evitar.

Digo atrás que se indicarão as normas de segurança a adoptar mas não é bem êsse o objectivo destas notas. Nelas faremos referência tanto quanto possível àquilo que os *comités internacionais* têm reconhecido ser necessário divulgar e regulamentar e que entre nós se continua fazendo ou não, conforme os casos, apesar de haver um regulamento sôbre o assunto.

Dito assim o que se pretende expor, e que não constitui novidade para todo aquêle que se interesse um quási nada por estas questões, façamos uma classificação dos ascensores

(*a*) Organização do serviço de fiscalização de ascensores.

segundo o tipo do sistema usado no seu accionamento:

a) ascensores pneumáticos.
b) ascensores hidráulicos.
c) ascensores comandados por transmissão de correias.
d) ascensores eléctricos com transmissão por engrenagens, estando o motor directamente ligado ao aparelho de elevação.
e) ascensores do tipo contínuo ou tipo nora.

Nos países industriais cada um dêstes tipos encontra a sua aplicação adequada pois o tipo escolhido depende essencialmente das características do trabalho; grande ou pequeno curso, grande ou pequena carga, necessidade de grande ou pequena velocidade, etc.

No nosso país, porém, apenas encontramos dois tipos:

ascensores hidráulicos, estes em pequeno número, e ascensores eléctricos com transmissão por engrenagens.

É dêste último que nos vamos ocupar por ser afinal, para nós o único que tem interêsse prático.

Não se farão quaisquer referências aos «Monta-cargas não acompanhados» tal como são definidos no § único do artigo 2.º do regulamento dos ascensores e monta-cargas eléctricos, subentendendo-se que «Ascensor» engloba as designações «Ascensor» e «Monta-cargas acompanhado».

Desastres que se podem dar nos ascensores

Podem assim classificar-se:

1) desastres por serem atingidas as pessoas, pelas peças móveis.
2) desastres por as pessoas caírem na caixa do ascensor.
3) desastres por as pessoas caírem juntamente com a cabina.

O caso *1*) ainda se pode subdividir:

a) *desastres por se debruçarem na caixa do ascensor as pessoas que se encontram nas escadas ou nos patamares.*

Com o fim de evitar êste desastre, estabeleceu-se a obrigatoriedade de proteger tôdas as peças móveis por meio dum resguardo com a altura mínima de $1^m,70$ quando a distância da cabina ou do pêso à caixa do ascensor fôr inferior a $0^m,3$ não podendo nunca esta distância ser inferior a $0^m,04$.

Por um estudo comparativo verificamos que os Comités internacionais reconheceram a necessidade de elevar para $1^m,80$ e às vezes mais a altura dos resguardos das caixas dos ascensores não devendo nunca êsses resguardos aproximarem-se a menos de $0^m,20$ da cabina ou contra-pêso.

Pretende-se dêste modo, que os acensores sejam instalados, tanto quanto possível, em caixa especial.

b) *desastre por se pôr a cabina em marcha quando vão pessoas entrando ou saindo. Podem ser pelo menos três causas que dão origem a êste desastre:*

Mau funcionamento dos encravamentos eléctricos das portas da caixa ou da cabina (formação de arco).

Manobra feita por uma segunda pessoa actuando directamente sôbre os relais do quadro de manobra (inútil a existência do encravamento eléctrico).

Existência de fundo falso na cabina que permita pô-la em marcha com a porta aberta.

Para atenuar a primeira causa só escolhendo um tipo de encravamento conveniente, de preferência de contacto rígido.

Para a segunda estabeleceu-se entre nós que todo o aparelho de elevação deverá estar instalado em local fechado, nada mais havendo a acrescentar.

A terceira causa não é sequer referida pelos Comités internacionais decerto por não serem permitidas essas montagens, pois a elas não fazem referência também os regulamentos estrangeiros. Como infelizmente há a apontar alguns desastres ocorridos ùltimamente em instalações dêsse género, seria de tôda a conveniência proïbir um tal sistema de montagem.

c) *desastre por ficarem pessoas entre a porta da caixa, fechada, e a porta da cabina.*

Não se fixou no regulamento português a distância a manter entre essas portas, mas alguns regulamentos estrangeiros fixam-na em 10 cm; tem-se reconhecido que em certos casos é insuficiente e por isso é aconselhável a inutilização dêsse espaço por dispositivos aplicados às portas da caixa, sempre que houver necessidade de o deixar maior. São freqüentes nas instalações antigas distâncias de 20, 30 e 40 cm, as quais deverão ser desde já definitivamente evitadas assim como eliminadas as actualmente existentes.

O caso 2) póde assim sub-dividir-se:

a) *Queda de pessoas na caixa do ascensor devido à falta de portas na referida caixa, na cabina, ou ainda a estarem as mesmas abertas, ou serem as primeiras susceptíveis de se abrir devido ao mau funcionamente do encravamento mecânico.*

Contra isto impõe o nosso regulamento a existência dumas e outras portas e obriga a dotar as da caixa de encravamentos mecânicos que não deverão poder manobrar-se do exterior, e só permitam a abertura quando a cabina está no respectivo patamar.

No caso de portas de lagarto, deverá ter-se cuidado especial para que esta manobra não seja possível, o que aliás já se vai fazendo.

b) *Queda devida à não existência ou insuficiência dos dispositivos de protecção da cabina.*

Nada no nosso regulamento se impõe neste sentido a não ser no que se refere ao encravamento eléctrico na porta da cabina a qual uma vez aberta provoca a sua paragem. Mas isso não impede que um ocupante, por distracção (se a paragem foi por avaria) ou por falta de luz que essa paragem pode ter provocado, abra a porta e venha despenhar-se na caixa.

Para evitar estes desastres reconheceu-se a necessidade de dotar a porta da cabina de encravamento mecânico que só permite a sua abertura, quando estiver ao nível dos patamares.

Apesar do nosso regulamento o não exigir a fábrica portuguesa «Fortis», construtora de ascensores, havia já decidido fazê-lo mas só no caso particular da cabina ter duas portas e uma ser utilizada apenas no r/c.

Com um tal sistema essa porta fica impossibilitada de se abrir, logo que a cabina saiu dêsse patamar.

c) *Queda devido à não existência ou insuficiência dos dispositivos de protecção na parte superior da caixa.*

Ocorrem principalmente estes desastres quando o aparelho de elevação está instalado na parte inferior da caixa. Nesse caso as rodas de suspensão apoiam-se em vigas encastradas nas paredes da caixa da escada. Essas rodas necessitam ser inspeccionadas e lubrificadas periòdicamente, mas não tendo sido previsto um acesso seguro até junto delas, o pessoal que aí tiver necessidade de se deslocar corre o risco de cair.

A exemplo do que se determina em vários regulamentos estrangeiros deveria o nosso exigir um fácil acesso até junto dêsses órgãos de suspensão, evitando assim que, como já se tem observado, quando se substitui o eixo duma dessas rodas já êle se encontra prestes a partir devido ao desgaste que sofreu.

3) *Queda da cabina arrastando consigo os ocupantes.*

Apesar de não ser freqüente um desastre desta natureza, entre nós êle deu-se há bem pouco. Podem assim sub-dividir-se as causas:

a) *Queda devida à rutura dos cabos de tracção da cabina;*

b) *Queda devida ao desprendimento dos mesmos cabos;*

c) *Queda, embora não seja livre, devida a desarranjo no aparelho de elevação: rutura da roda helicoidal, do sem-fim, duma chaveta, etc.*

Num ascensor satisfazendo o nosso regulamento, o acidente, (queda da cabina) referido no número três não poderia ter conseqüências

de maior, estando o pára-quedas e o regulador de velocidade devidamente afinados.

Assim, após a rutura ou desprendimento de um ou de todos os cabos de tracção, conforme o sistema de pára-quedas usado, a cabina seria imobilizada cessando o perigo dos acidentes referidos nas alíneas *a*) e *b*), que se referem, respectivamente, a rutura dos cabos de tracção e ao desprendimento dos mesmos.

Também cessaria o perigo do acidente referido na alínea *c*) (desarranjo no aparelho de elevação) logo que a velocidade de descida atingisse valores superiores a 1,4 vezes a velocidade normal, pela acção do regulador de velocidade, actuando sôbre o pára-quedas.

Para diminuir as probabilidades de se dar o acidente da alínea *a*) (rutura dos cabos), estabelece o nosso regulamento que a tracção da cabina seja feita, pelo menos, por dois cabos de aço com o diâmetro mínimo de 10^{mm} que se deverão manter em bom estado de conservação, fixados por um sistema que permite a igualização das tensões e ainda que o valor da relação $\frac{D}{d}$ entre o diâmetro do tambor ou roda de gornes e o diâmetro do cabo não seja inferior a 40. A carga da rutura nunca poderá ser inferior a 10 vezes a carga máxima prevista.

É evidente que um cabo de aço, cuja carga de rutura à tracção varia entre os tipos de 120 a 130 Kg/mm^2 até 170 a 180 Kg/mm^2, trabalhando nestas condições oferece tôda a segurança e portanto só uma conservação deficiente aliada a uma substituïção tardia poderá permitir que se chegue à rutura.

Mas a duração dum cabo depende de numerosos factores, e segundo mostra a experiência, nos acensores onde haja uma conservação cuidadosa e um grande movimento, a substituïção deverá fazer-se uma vez por ano. Naquele de menos movimento essa substituïção poderá fazer-se de 3 em 3 anos.

Não se podem nem devem adoptar regras rígidas, para impor a substituïção dos cabos porque as observações feitas pelas pessoas encarregadas da conservação ou inspecção dos ascensores são as mais importantes, no entanto é interessante notar aquilo que nalguns países serve de base para impor essa substituïção.

Em Itália por exemplo nos ascensores para serviço do público a substituïção deverá fazer-se logo que o coeficiente de segurança tenha baixado de 10 para 8.

O calculo é efectuado admitindo que o cabo trabalha a tracção.

A carga de rutura é calculada como sendo igual à carga de rutura inicial do cabo menos duas vezes a carga de rutura correspondente à secção dos fios partidos num comprimento de cabo não superior a 4 voltas dum fio duma mesma vêrga. Exige também o referido regulamento que a inspecção seja confiada só a um engenheiro ou auxiliar.

Para os acensores particulares além da inspecção oficial anual os cabos deverão ser rigorosamente observados duas vezes por ano, pelo menos, pelo técnico encarregado da sua conservação, e quando houver dúvida sôbre a necessidade de substituir um cabo pode aplicar-se a disposição relativa a ascensores de serviço público.

Na Finlândia a substituïção é obrigatória quando $z \geq \frac{3 \times i}{d}$, sendo z número de fios visìvelmente partidos por metro de cabo, i o número de fios de cabo, d o diâmetro do cabo em milímetros.

Cálculo dos cabos de tracção

Como vimos, pelo que se disse atrás, os cabos de tracção trabalham, inicialmente, com coeficientes de segurança elevadíssimos. Isto é conseqüência de não se ter conseguido até hoje uma relação matemática rigorosa entre a duração dum cabo e as suas características, tendo em consideração as condições especiais em que êle trabalha, o que seria mais racional tanto sob o ponto de vista de segurança como de economia.

O professor *R. Woernle,* da Escola Politécnica de Stuttgart, é quem mais se tem dedicado a êsse estudo, mas apesar das suas investigações até 1931 não tinha conseguido ainda um resultado.

O cálculo dos cabos continua a fazer-se segundo a equação de *Bach,* que permite determinar a fadiga unitária resultante da tracção e da flexão a que estão sujeitos os fios

$$\sigma_t = \sigma_{tr} + \frac{3}{8} E \frac{\delta}{D}$$

onde:

D — diâmetro mínimo de enrolamento
δ — diâmetro dum fio
σ_t — fadiga composta
σ_{tr} — fadiga à tracção
E — módulo de elasticidade

O segundo têrmo da equação mostra que a relação $\frac{\delta}{D}$ se deve manter tão pequena, quanto possível, a fim de diminuir a fadiga devida à flexão.

Pràticamente as coisas têm seus limites porque um aumento exagerado do diâmetro de enrolamento do cabo eleva as proporções de todo o aparelho de elevação e portanto o seu custo.

Por outro lado se o diâmetro dos fios fôr exageradamente pequeno a sua duração será curta.

Por estas razões reconheceu-se a conveniência de fixar os valores $\frac{1}{800}$ e $\frac{1}{500}$ como limites dos valores daquela relação, sendo $\delta \geqq 0{,}5$ mm.

Aplicando esta equação, o cabo é considerado para efeitos de cálculo, constituído por uma série de fios separados, enrolados à volta duma superfície curva e submetidos a uma carga uniformemente distribuïda. O problema está assim reduzido à sua forma mais simples e o cálculo resume-se então em determinar as tensões exercidas sôbre o cabo e proveniente de esforços de tracção e flexão produzidos por uma carga fixa e constante.

Mas é claro que pràticamente as condições de trabalho do cabo são muito mais complexas pois cada elemento é constantemente submetido a esforços de flexão repetidos e muitas vezes de sentido alternado. Além disso os esforços de tracção variam bruscamente cada vez que o ascensor pára ou se põe em movimento; essas variações são função da velocidade e ainda das massas a deslocar.

Também convém ter em conta a deterioração produzida sôbre o cabo pela acção das rodas e tambores e movimentos relativos dos fios que o compõem.

O resultado final da acção de todos estes factores é uma rutura gradual dos fios que tem por conseqüência uma diminuïção progressiva do coeficiente de segurança.

Considerando assim o problema tal como êle se apresenta, conclui-se que a equação de *Bach* permite calcular os esforços a que é submetido o cabo em determinadas condições, e se nos dá um coeficiente de segurança inicial, não tem em conta a deterioração progressiva do cabo sob a acção dos diferentes factores que, como vimos, nem todos lá estão representados.

Está assim justificada a necessidade de se adoptarem coeficientes de segurança elevados.

O regulamento francês aconselha para o cálculo da fadiga dos cabos a fórmula seguinte:

$$F_t = \frac{P}{S} + \Delta E \frac{\delta}{D} + \frac{MV}{ts}$$

F_t a fadiga total é igual à soma das parcelas seguintes:

1.º — *fadiga do cabo à tracção.*

$$F_e = \frac{P}{S}$$

onde:

P — carga suportada por um cabo em kg
S — secção dos fios que compõem o cabo

2.º — *fadiga à flexão na roda ou no tambor do menor ráio*

$$F_i = \Delta E \frac{\delta}{D}$$

onde:

E — coeficiente de elasticidade do aço
δ — diâmetro médio dos fios do cabo
D — diâmetro da menor roda ou tambor
Δ — coeficiente de correcção

3.º — *fadiga devida ao arranque ou à paragem*

$$F_a = \frac{MV}{t \cdot s}$$

onde:

M — massa posta em movimento (cabina e passageiros)
V — velocidade do ascensor
t — tempo de arranque ou paragem

A fadiga total F_t deverá ser inferior à carga unitária de rutura do cabo $\frac{C_r}{s}$ dividida pelo coeficiente de segurança C_s

$$F_t \leq \frac{C_r}{s \cdot C_s}$$

Neste cálculo tem-se em consideração não só os esforços estáticos como também os esforços dinâmicos, e portanto os resultados aproximam-se mais da realidade.

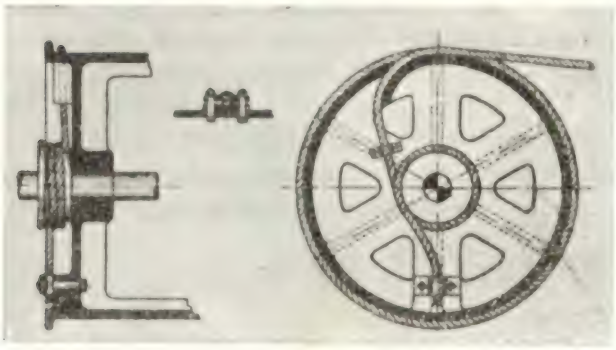


Fig. 1
Fixação dos cabos, no caso de tambor de enrolamento, e em que a fixação do cabo, é feita por braçadeiras no interior do tambor.

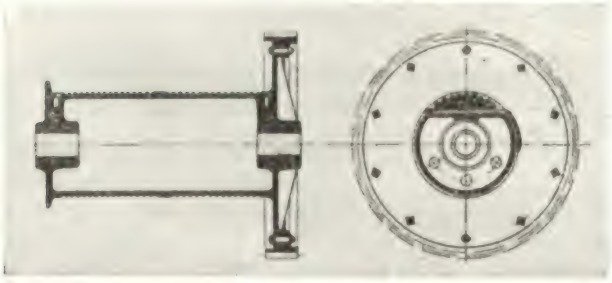


Fig. 2
Fixação dos cabos em caso idêntico, mas utilizando parafusos de apêrto.

Os coeficientes de segurança adoptados em alguns países são função da velocidade de marcha, do tipo do aparelho de elevação, e ainda de outras características da instalação, e na maioria dos casos superiores ao exigido pelo nosso regulamento.

Sistemas de fixação dos cabos de tracção

Vamos dizer alguma coisa sôbre o modo como se fixam os cabos de tracção, pois como vimos uma fixação deficiente pode dar origem ao desastre incluído na alínea *b*) do número três, (queda da cabina por desprendimento dos cabos de tracção).

Nada sôbre êste assunto está estabelecido no nosso país e mesmo no estrangeiro só duma maneira vaga os regulamentos se lhe referem.

Alguns indicam diferentes maneiras como o trabalho pode ser feito mas não impõem êste ou aquêle sistema.

As figuras (1), (2), (3), (4) e (5), dão-nos uma idéia dos vários sistemas usados sendo os três últimos os que oferecem maior segurança.

Êste trabalho de fixação dos cabos deverá ser executado por um operário com bastante prática, e fiscalizado sempre por pessoa tècnicamente idónea e responsável.

O sistema de fixação por braçadeiras, casos das figuras (1) e (6) não deveria permitir-se a não ser que as extremidades do cabo fôssem obrigatòriamente preparadas com copos de metal antifricção.

Resultados de ensaios

Fizeram-se algumas experiências empregando braçadeiras conforme indica a figura (6) e verificou-se o seguinte:

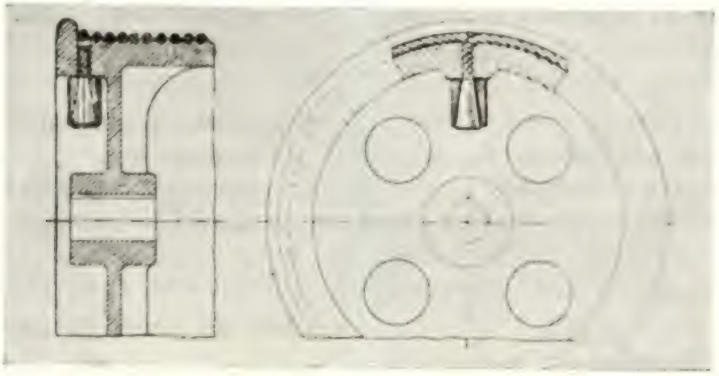


Fig. 3
Fixação dos cabos em caso idêntico, mas utilizando um copo, com metal antifricção.

Fig. 4

Fixação dos cabos em caso idêntico, mas em que a fixação é feita por meio do apêrto em forma de cunha

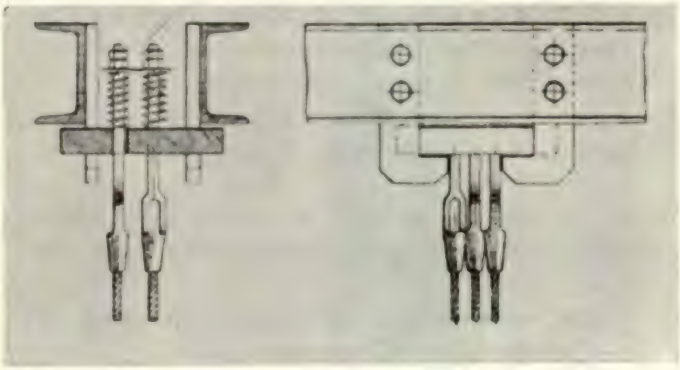
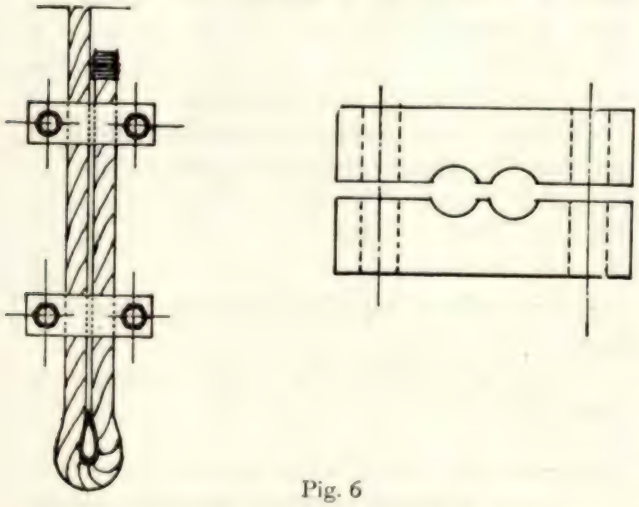


Fig. 5

Fixação dos cabos à cabina por meio de esticadores de aço, utilizando metal antifricção e molas para igualização de tensões

Submetido o cabo à tracção com uma carga subindo gradualmente, a mil e quinhentos quilos o cabo começava a escapar. Em seguida tirou-se tôda a carga para se repetir o ensaio



Pig. 6

e ao chegar aos 4:100 quilos, o cabo escapou-se por completo.

Tratando-se de um ensaio realizado com cabo de 12 mm de diâmetro cuja carga de rutura é de 7:000 quilos conclui-se que o sistêma de fixação é deficiênte pois devia ter uma resistência pelo menos igual a 80 % da carga de rutura do cabo, o que não sucede.

Acresce ainda que o cabo nas condições normais de trabalho fica sujeito a esforços bruscos e alternados de modo que nessas condições a fixação torna-se ainda mais precária.

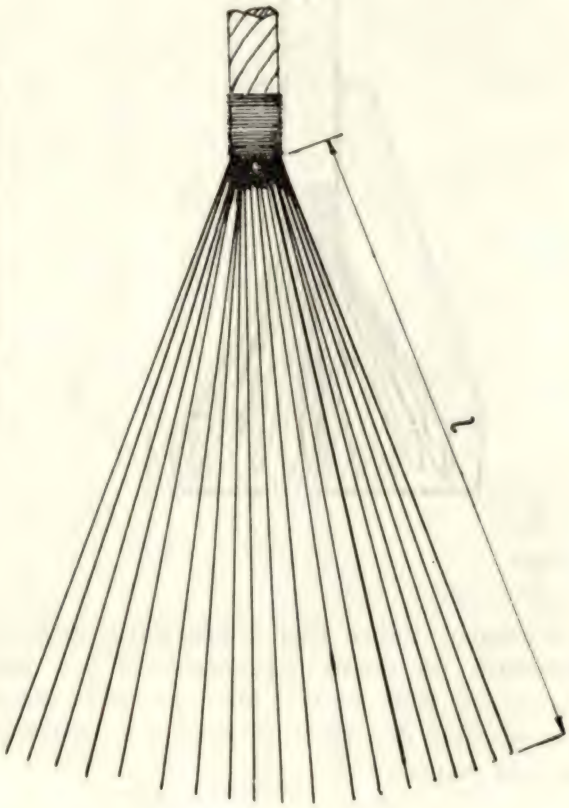


Fig. 7

As figuras (7) e (8) dão-nos idéia da forma como se preparam as extremidades dos cabos com copos de metal antifricção.

Dispositivos de segurança

O acidente referido na alínea *c*) do número três, (queda da cabina por desarranjo no aparelho de elevação) não teve lugar no nosso País e deve ser de todos o menos freqüente. Foi todavia previsto o dispositivo (regulador de velocidade) destinado a evitar-lhe as conseqüências no caso de alguma vez se verificar.

O referido regulador de velocidade deverá actuar também no caso de rutura ou despren-

dimento dos cabos (acidentes já citados) e o pára-quedas não ter ainda funcionado.

Diremos alguma coisa sôbre estes dois dispositivos de segurança, os mais importantes dos ascensores, e também sôbre a maneira de

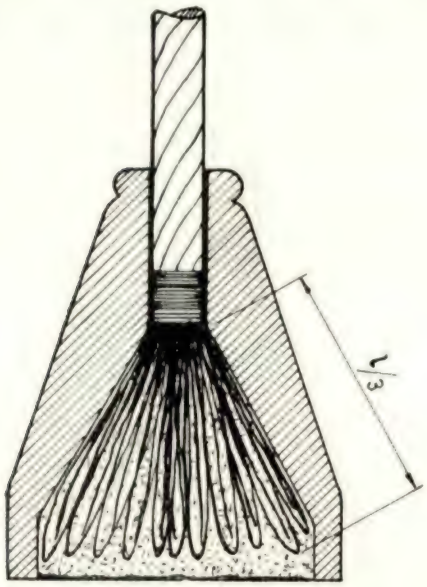


Fig. 8

os ensaiar. Sôbre esta última parte nada se encontra no nosso regulamento e por isso pouco ou nada se tem feito, limitando-nos a maior parte das vezes a verificar a existência de tais dispositivos.

A) *Pára-quedas*

A função do pára-quedas como o próprio nome indica é evitar a queda da cabina quando se dá qualquer dos acidentes referidos no número três.

O pára-quedas deverá actuar automàticamente logo que se dê a rutura, desprendimento ou afrouxamento de um dos cabos de tracção, havendo-os também que só actuam pela rutura ou desprendimento de todos os cabos. Êste último sistêma encontra-se principalmente nalgumas instalações antigas desprovidas de regulador de velocidade. Está assim definida a função principal do pára-quedas, mas êle tem uma função secundária idêntica à primeira: — provocar a paragem da cabina depois desta ter atingido uma velocidade de descida superior a 1,4 vezes a velocidade normal.

Consegue-se êste efeito pela acção do dispositivo chamado *regulador de velocidade* que por intermédio do seu cabo, ou qualquer outro sistema, faz funcionar o pára-quedas.

Para conseguir a paragem da cabina, isto é, a sua imobilização sôbre as guias, é necessário absorver a sua fôrça viva no momento do acidente. O valor dessa fôrça viva será maior ou menor, conforme o acidente se verificar durante a descida ou a subida da cabina. Assim a fôrça viva duma cabina abandonada a si própria, é a resultante de duas componentes:

— a primeira é igual a metade do produto da massa pelo quadrado da velocidade normal de deslocamento;

— a segunda é igual a metade do produto da massa pelo quadrado da velocidade em queda livre.

Esta velocidade é uma função da altura do deslocamento,

$$v = \sqrt{2\,gh}\ .$$

É evidente que estas duas componentes se adicionam se o acidente se verificar durante a descida e se subtraem se êle tiver lugar durante a subida.

A imobilização duma cabina não se verifica no momento em que o pára-quedas entra em acção, e nesse espaço de tempo gasto para realizar a travagem, a energia que ela armazena é transformada em trabalho de atrito e em trabalho de deformação sôbre os órgãos que contribuiram para a travagem.

O efeito de deformação é inversamente proporcional ao espaço percorrido pela cabina

$$f = \frac{W}{e}$$

representando W trabalho desenvolvido e e o espaço percorrido.

Os pára-quedas devem então satisfazer a duas condições:

1.ª — entrar em acção imediatamente a seguir ao acidente evitando grandes velocidades que aumentariam a energia cinética da cabina;

2.ª — imobilizar a cabina progressivamente, isto é, sem choque.

BIBLIOTECA I.S.T.

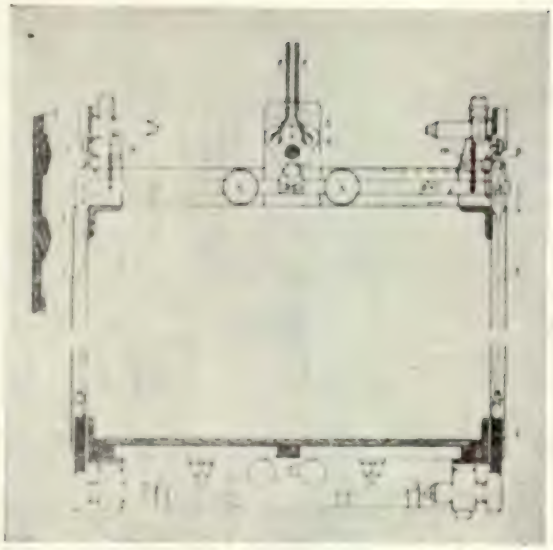


Fig. 9

Tendo em vista estas considerações e também as grandes velocidades hoje permitidas, os construtores de ascensores têm renunciado ao emprêgo de pára-quedas de garras ou que funcionem por meio de molas ou contrapêsos. Os pára-quedas modernos são de *cames,* de cunhas ou roletes dentados, manobrados por alavancas, etc.

Nos ascensores em que o número de cabos de tracção é igual a dois é recomendável a sua fixação a um sistema de balança, do lado da cabina, o qual por sua vez fará actuar o pára-quedas no caso de desiquilíbrio do sistema. Para velocidades superiores a 0,80 m/s é aconselhável o emprêgo de pára-quedas com amortecedores de óleo que têm por fim atenuar os efeitos duma travagem brusca.

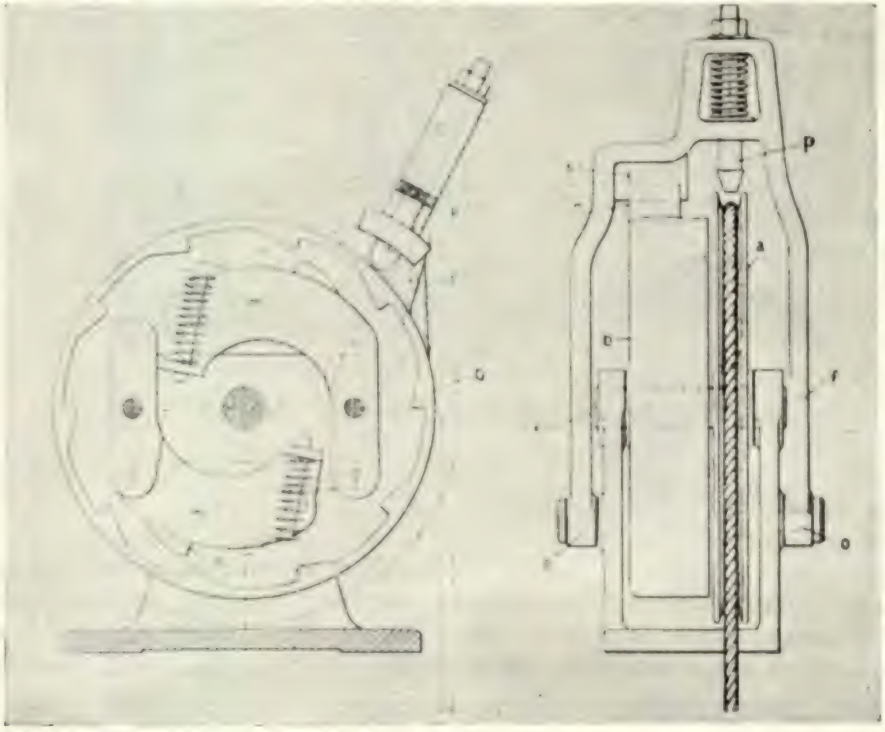


Fig. 10

É difícil conciliar estas duas condições visto que uma travagem demorada pode tornar a acção do pára-quedas ineficaz, inversamente uma travagem brusca ou rápida pode ter conseqüências perigosas para os ocupantes da cabina e deformar ou destruir mesmo o dispositivo de paragem.

B) *Reguladores de velocidade*

Como sucede com os pára-quedas, os reguladores de velocidade são diferentes de construtor para construtor, em pormenor de construção, mas em princípio pode considerar-se a existência de dois tipos:

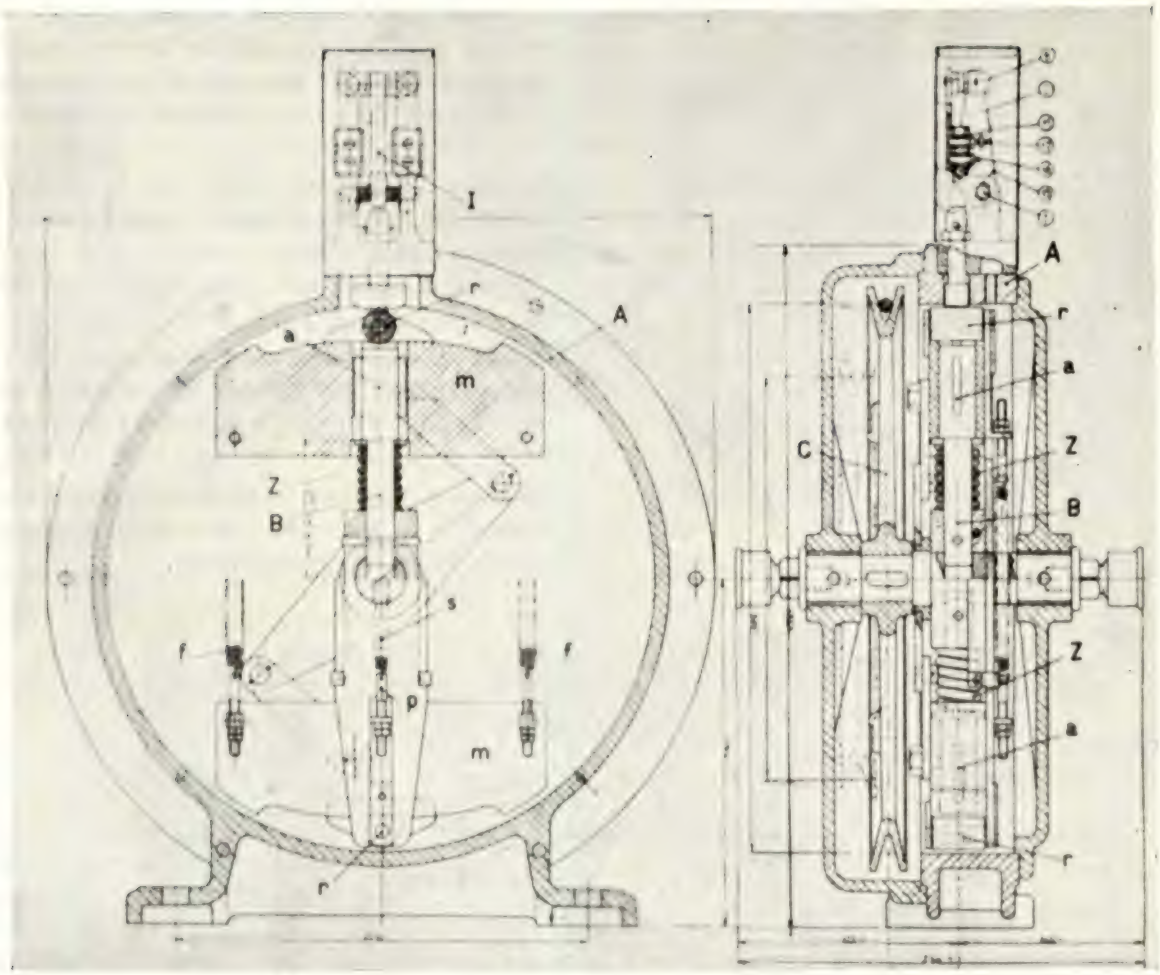


Fig. 11

Regulador de velocidade do tipo centrífugo, da fábrica Stygler

a) regulador de pêndulo
b) regulador centrífugo

As figuras (9) e (10) dão-nos, respectivamente, idéia de cada um dos tipos referidos. A diferença essencial entre êles consiste na não existência da roda de gornes e respectivo cabo no tipo de pêndulo, que é o menos freqüente, o menos eficaz, e por isso mesmo proïbido nalguns países.

Encontram-se no nosso país alguns ascensores com êste tipo de regulador.

Para os reguladores centrífugos alguns regulamentos estrangeiros fixam o valor mínimo de 5/16″ ou 8 mm para diâmetro do respectivo cabo, pois valores inferiores ou uma fixação imperfeita podem dar ocasião a tornar ineficaz todo o sistema de segurança.

*
* *

Nos ascensores accionados por motores de corrente contínua deveria pensar-se também na aplicação de reguladores de velocidade que funcionassem nos dois sentidos, pois um excesso de velocidade pode resultar não sòmente dum defeito mecânico da instalação mas também dum aumento de velocidade do motor eléctrico. Estes reguladores são dotados dum dispositivo de corte de corrente do motor, logo que a sua velocidade ultrapasse os limites previstos. Por conseguinte, logo que a cabina ficou imobilizada pela acção do pára-quedas deu-se o corte de corrente de alimentação do motor. Êste dispositivo, em diversos países, é obrigatório nos reguladores mesmo funcionando só no sentido descendente, e, dada a

garantia que êle oferece sob o ponto de vista de segurança, seria de tôda a conveniência que o nosso regulamento tornasse obrigatória a sua montagem. A fábrica portuguesa «Fortis» vem desde há muito dotando as suas instalações com tal dispositivo e embora êle não seja accionado directamente pelo regulador é-o pelo funcionamento do pára-quedas. A Figura 11 mostra-nos um regulador do tipo centrífugo dotado do referido dispositivo construído pela fábrica «Stygler» e que fundamentalmente é um interruptor eléctrico.

Antes de falar dos ensaios de pára-quedas e reguladores de velocidade quero ainda dar o exemplo na figura 12 dum outro sistema de pára-quedas, que é principalmente usado nos ascensores de grande velocidade construído pela fábrica «Otis». Como fàcilmente se compreenderá a sua acção é progressiva o que tem a vantagem de dispensar amortecedores de óleo ou semelhantes.

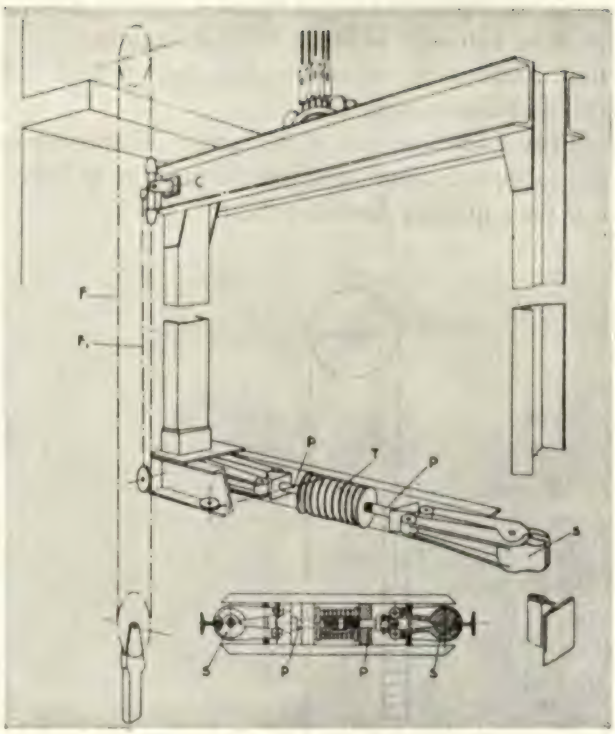


Fig. 12
Dispositivo da fábrica Otis, e constituído por pinças para travagem progressiva

Ensaios dos pára-quedas e dos reguladores de velocidade

A necessidade de manter os pára-quedas em bom estado de funcionamento apresenta um tal interêsse para evitar os desastres resultantes de qualquer dos acidentes referidos no número três, que vamos dizer alguma coisa sôbre os métodos de ensaios correntes.

No ensaio deve procurar-se, tanto quanto possível, fazer funcionar os dispositivos de segurança nas condições que mais se aproximem da realidade.

Assim o dispositivo para funcionar pela rutura de cabos deverá ser ensaiado, se possível fôr, nessas condições; aquele que deve funcionar por aumento de velocidade, deverá sê-lo aumentando a velocidade, etc.

A) *Ensaio dos dispositivos postos em acção pela rutura dos cabos (pára-quedas).*

Métodos:

a) Êste método de ensaio que vamos indicar é muito usado principalmente nas instalações industriais mas só se aplica aos ascensores com tambor de enrolamento. Pára-se a cabina um metro aproximadamente acima da base da caixa; fixa-se uma corda à arcada da cabina, que no outro extremo vai amarrar-se a uma prancha de madeira como se vê na fig. (13).

Depois gira-se com o ascensor à mão até desenrolar o cabo dum comprimento inferior a um metro.

— Tôda a carga é suportada pela corda que sendo cortada produz o efeito da rutura de cabos, e o pára-quedas deverá funcionar.

b) É um método idêntico ao anterior mas pode aplicar-se aos ascensores de enrolamento em tambor, ou de rodas de fricção. A figura (14) mostra o esquema do método, e as figuras referenciadas com o número (15) o desenho dos diferentes dispositivos usados para provocar a queda da cabina.

— A uma distância conveniente do teto da cabina fixa-se sôbre o cabo por meio de pinças, uma talha, e a esta liga-se um dos dispositivos da figura (15).

Em seguida fixa-se uma corda à arcada da cabina e a outra extremidade vai ligar ao dis-

positivo destinado a provocar a queda. Antes porém, actua-se sôbre a talha de modo a tornar frouxos os cabos de tracção, ficando a cabina suspensa da corda.

Provocando agora o disparo do dispositivo aplicado, a cabina precipita-se em queda livre e o pára-quedas deverá actuar.

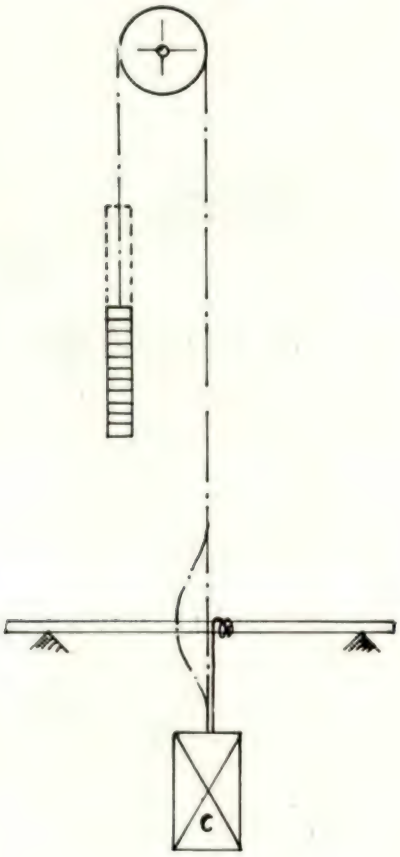


Fig. 13

Para ascensores de velocidade não superior a 1,2 m/s é considerado suficiente um percurso de 0,20 m para espaço a percorrer pela cabina em queda livre, visto que, no caso do pára-quedas não funcionar e aquêle percurso ser maior, os cabos de tracção e todos os órgãos de elevação seriam submetidos a esforços perigosos.

Quando êste ensaio fôr realizado com a cabina na parte superior do seu curso, é aconselhável o emprêgo dum cabo de segurança ligado à arcada da cabina e a um ponto fixo da construção.

B) *Ensaio dos reguladores de velocidade e pára-quedas que êles accionam*

No ensaio dum regulador de velocidade a primeira coisa a fazer é certificar se o cabo do regulador tem a aderência necessária sôbre a roda, para o que basta fazer funcionar à

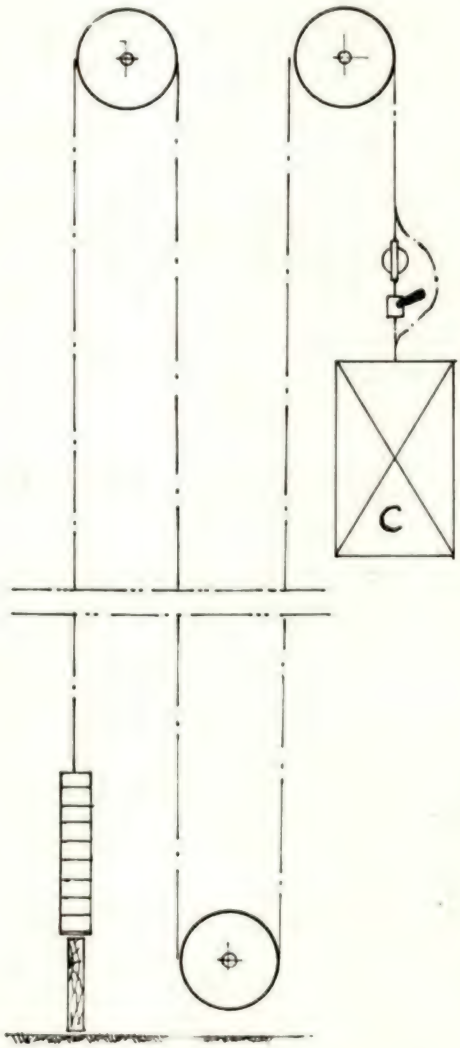


Fig. 14

mão o mecanismo de imobilização do regulador e observar se a cabina parou ou não.

A segunda parte do ensaio dum regulador consiste em aumentar-lhe a velocidade e verificar se o mecanismo, que na primeira parte do ensaio foi accionado à mão, funciona quando a velocidade excede em 40% a velocidade normal (artigo 19.º do Regulamento).

Como a velocidade do regulador é função da do ascensor, e esta não é fácil de fazer variar, principalmente quando os motores são alimentados por corrente alternada, têm-se procurado diferentes métodos de fazer o ensaio mas os mais correntes são os seguintes:

a) Montando sôbre o mesmo eixo da roda do regulador de velocidade e solidária com ela uma outra roda de gornes auxiliar, de diâmetro

$$d = \frac{D}{1,4}$$

sendo D o diâmetro da roda do regulador. Em seguida muda-se o cabo do regulador para esta roda auxiliar e então aquêle deverá funcionar, isto é, deverá fazer parar a cabina à velocidade normal. Por ser elementar não se faz a justificação matemática do método.

b) *Modificando os elementos do regulador de velocidade,* as massas por exemplo, aumentando-as, de forma que à velocidade normal obtém-se o efeito que só se conseguiria, quando a velocidade do regulador e cabina aumentasse da percentagem regulamentar (40 %).

— A variação para efeitos de ensaio, do valor das massas do regulador, indicadas nas figuras (10) e (11) pela letra *m*, é fácil de determinar como vamos ver.

— Suponhamos um regulador aplicado a um ascensor que marcha à velocidade *v*, a que corresponde uma velocidade angular da roda do regulador ω.

Sejam:

R o raio da circunferência a que corresponde a velocidade

$$v = \omega . R$$

r o raio da circunferência na qual supomos concentradas as massas *m*, figura (16)

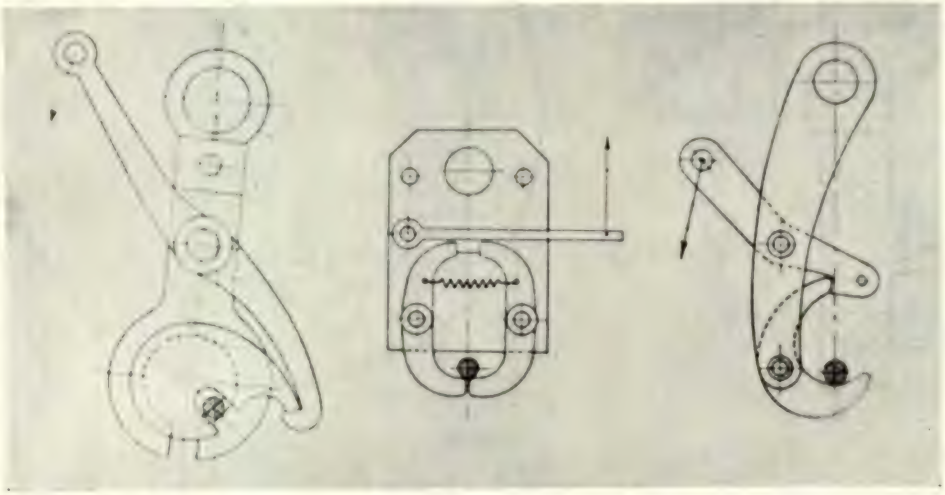


Fig. 15

m o valor de cada uma dessas massas.

Estas massas giram à velocidade

$$v' = \omega r$$

e para que o regulador funcione quando a velocidade do ascensor atingir um valor igual a 1,4 vezes a velocidade normal, é necessário que a fôrça da mola que actua sôbre cada massa seja

$$Q = \frac{d}{d'} \cdot \frac{m(1,4.v)^2.r}{R^2}$$

Como a condição do ensaio exige que a velocidade se mantenha constante, assim como o valor de Q a equação que nos dá m' será

$$m' = 1{,}4^2 . m$$

c) Determinando a velocidade a que funciona o regulador.

Êste método oferece a vantagem de não ser necessária qualquer modificação ou montagem auxiliar no dispositivo a ensaiar.

na circunferência das rodas do regulador, e que à velocidade das mesmas rodas terá uma fôrça viva

$$M = \frac{I' . \omega^2}{2} + \frac{I'' . \omega^2}{2}$$

sendo I' I'' os momentos de energia das rodas e ω a velocidade angular.

v — velocidade do deslocamento do pêso ligado ao cabo

m_f — massa do cabo sem-fim, do regulador

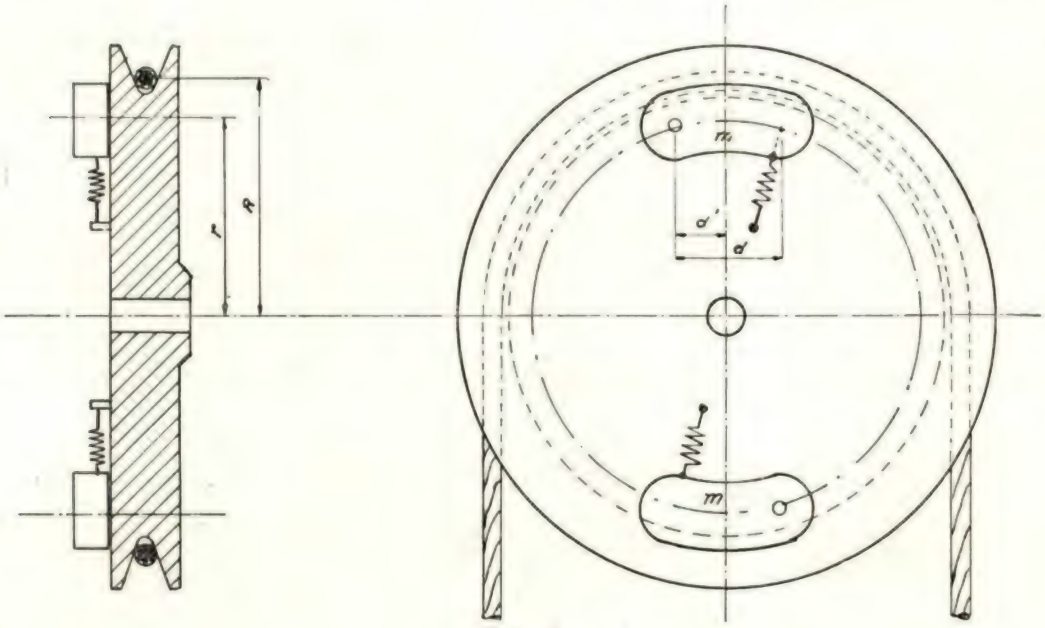


Fig. 16

Consiste no seguinte:

Desliga-se da cabina o cabo do regulador de velocidade ao qual é fixado um pêso para o fazer mover lentamente.
Êsse pêso é elevado até um traço de referência feito prèviamente na caixa do ascensor, onde é abandonado a si próprio, descendo com uma aceleração que se pode considerar pràticamente constante, como se vai demonstrar.

Sejam:

P — o pêso utilizado
h — a altura de queda
M — a massa teórica suposta concentrada

R — tracção que é necessário exercer sôbre o cabo sem-fim do regulador para vencer a resistência sôbre as rodas (pràticamente constante nos limites das velocidades consideradas)

m — massa correspondente ao pêso utilizado

a — aceleração dêsse movimento.

O trabalho produzido pelo pêso P quando se desloca da altura h é:

$$Ph = M\frac{v^2}{2} + m_f\frac{v^2}{2} + Rh + m\frac{v^2}{2}$$

derivando vem:

$$P\frac{dh}{dt} = Mv\frac{dv}{dt} + m_f v\frac{dv}{dt} + R\frac{dh}{dt} + mv\frac{dv}{dt}$$

mas

$$\frac{dh}{dt} = v \quad e \quad \frac{dv}{dt} = a \qquad mf$$

logo

$$Pv = Mva + v.a + R.v + m.v.a$$

$$P = M.a + m_f.a + R + m.a$$

donde:

$$a = \frac{P - R}{M + m_f + m} = \text{const.}^{te}$$

Fica assim demonstrado como se pretendia que a aceleração se pode considerar constante.

O movimento do pêso é então uniformemente acelerado, de velocidade

$$v = \frac{2\,e}{t}$$

e quando atingir uma certa velocidade, que é precisamente aquela que se pretende determinar, o regulador entra em acção.

Toma-se nota do tempo gasto no deslocamento do pêso P desde o traço de referência até ao momento do regulador entrar em acção, por meio de dois cronómetros, e mede-se o espaço percorrido. Da fórmula anterior tira-se o valor da velocidade procurada.

É de tôda a conveniência repetir o ensaio, aconselhando a prática o emprêgo de um pêso de cêrca de 3 kg.

Êste valor deve variar no entanto com a velocidade do ascensor.

Também nos mostra a experiência que êste método permite resultados com erros inferiores a 5 %.

ERRATA

Um processo expedito de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de esgôto

	Onde está	Deve ser
Pág. 700 — 4.º, 5.º e 7.º Exemplos...	Caudal da água das chuvas	Caudal da água das chuvas doméstico
Pág. 700 — 5.º Exemplo	ø 100 cm.	ø 80 cm.
Pág. 694	fórmula de Crips	fórmula de Crips e Bruge

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

O Cimento Portland

Pelo Eng.º ANTÓNIO TEIXEIRA LOPES

276 págs. Preço 60$00

Recebemos o livro do eng.º Teixeira Lopes sôbre o Cimento Portland.

Como se trata de um livro técnico publicado por quem conhece muito melhor a Indústria dos Cimentos que qualquer seu possível crítico, ver-nos-iamos numa situação bastante embaraçosa se o Eng.º Herculano de Carvalho o não tivesse prefaciado e mostrado de uma maneira clara e concisa o valor dêste trabalho.

Constitue êste Prefácio uma apreciação compatível com o valor da obra, e por isso, temos muito prazer em transcrevê-lo porque somos de opinião que uma crítica só é aceitável quando está ao nível do trabalho criticado e nós, pela nossa parte, sentimo-nos longe de poder fazer uma crítica que seja satisfatória.

«Prefaciar um livro é sempre difícil empreendimento. Corre-se o risco de ser enfadonho e mesmo quando há engenho para o evitar, escreve-se com a consciência de dizer inutilidades.

Certo de antemão de que tal era o caso com o livro do Eng.º Teixeira Lopes, confesso no entretanto que aceitei com desvanecimento o amável convite do Autor.

Depois de ler a obra mais se radicou no meu espírito a ideia da inutilidade do prefácio; mas persistiu a satisfação por escrevê-lo.

É que o presente livro, pela categoria de quem o fêz — especialista de créditos bem firmados, pelo assunto e sobretudo pela maneira como foi urdido e orientado, não só vai ocupar lugar de nítido destaque entre a nossa literatura técnica, mas ainda e sem favor se deve pôr ao par dos melhores livros estrangeiros da especialidade. Aparte os artigos das revistas portuguesas de engenharia, onde já se encontra a miúde algo que aproveitar, o resto — os livros técnicos, são entre nós, na quási totalidade dos casos, obras puramente didáticas em que o denso trabalho de compilação mal admite clareiras para o saber «de experiência feito» dos autores.

Mesmo lá fora não são muitos os países onde, como regra, tal saber se traslade para letra redonda... Às vezes por achar inútil e maçador entrar em certas minúcias, outras por tendência de não revelar o que tanto lhe custou a aprender (o vício classifica-se com bem adequada expressão em português, mas tem expansão universal...)

o especialista ao descrever uma indústria, raro passa sensìvelmente além das generalidades, guardando silêncio sôbre certas dificuldades de ordem prática que, à sua custa teve de vencer e desprezando pequenos pormenores cujo somatório constitue o tesouro que todos nós, afinal, desejaríamos encontrar num livro técnico.

Não sucede assim com o presente trabalho. Voluntàriamente o Autor resumiu as descrições da aparelhagem e operações correntes, limitando a exposição ao indispensável para não ser omisso e dar coerência à obra, reservando tratamento desenvolvido para os assuntos em que êle próprio encontrou obstáculos.

Aqui a relação é minuciosa e transmite-se ao leitor sem reservas, o fruto de bastantes anos de experiência.

Vejam-se, como exemplos, formação de anéis, termoquímica da cosedura e as desenvolvidas e utilíssimas referências aos combustíveis nacionais.

Em todo o livro, aliás, nós achamos a cada passo notas de cunho pessoal valiosas para os engenheiros que tenham de dedicar-se à indústria do cimento Portland.

Devemos saudar com alvoroço o aparecimento dum livro técnico português com estas características e daqui a minha satisfação pela oportunidade que me foi dada de o fazer.

Há ainda outros motivos para destacar o livro do Eng.º Teixeira Lopes. Limito-me a focar a sua categoria científica. O Autor insiste, sempre que para isso tem ensejo, na importância e necessidade de apertada fiscalização do fabrico. É cuidadosa a indicação dos métodos de «contrôle», minuciosa a descrição dos processos de análise tanto das matérias primas como dos produtos intermediários e finais; apresentem-se exemplos para ensinar a bem interpretar os resultados analíticos.

A inclusão de dois capítulos, um sôbre «falsa prêsa» e outro sôbre a acção agressiva de várias substâncias sôbre o cimento, contendo o exposição de pontos de vista ou de experiências originais do A., valoriza nìtidamente a obra.

O livro vale pois duplamente: pelo conteúdo e pela orientação de quem o escreve. Estamos em face realmente dum engenheiro do nosso tempo, em cuja formação se equilibram as duas tendências essenciais: sentido apurado das realidades práticas, quer técnicas quer económicas, e reconhecimento do valor e posse dos métodos científicos e das noções teóricas gerais.

É para mim especialmente grato fazer estas observações acêrca dum antigo e distinto aluno do Instituto Superior Técnico, cujo exemplo honra a escola que o formou.

A publicação dêste livro constitue, sem sombra de lisonja, acontecimento de vulto no nosso meio técnico. Em particular nós, engenheiros químicos, temos razões de sobra para felicitar o seu Autor e... para lhe agradecer.»

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Publicações periódicas

PORTUGAL

ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Janeiro e Fevereiro de 1942.

ARQUIVO FINANCEIRO E SEGURADOR — Dezembro de 1941 e Janeiro de 1942.

AGROS — Novembro e Dezembro de 1942.

BOLETIM DAS OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA À CIDADE DE LISBOA — N.º 19.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Fevereiro de 1942.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Fevereiro de 1942.

BROTÉRIA — Fevereiro, Março e Abril de 194'.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Janeiro de 1941.

ESTUDOS — Fasc. 9 e 10 — 1941 e Fasc. I de 1942.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — 1 e 15 de Março e 1 do Abril de 1942.

GIL VICENTE — N.ºs 1 e 2 — 1942.

NEPTUNO — Fevereiro de 1942.

MEDICINA — Dezembro de 1941.

OCIDENTE — Fevereiro, Março e Abril de 1942.

PORTUCALE — Janeiro-Fevereiro de 1942.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Fevereiro e Março de 1942.

REVISTA DE ARTILHARIA — Novembro e Dezembro de 1942.

REVISTA AGRONÓMICA — N.º 2 de 1941.

REVISTA DA FACULDADE DE ENGENHARIA — Dezembro de 1941.

SEARA NOVA — N.ºs 759 a 766.

ALEMANHA

EL PROGRESO DE LA INGENIERIA — Janeiro de 1941.

ARGENTINA

CIENCIA Y TECNICA - REVISTA DEL CENTRO DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA — Jan. de 1942.

ESPANHA

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Março e Abril de 1942.

DYNA — REVISTA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENGENHEIROS INDUSTRIAIS — Março e Abril de 1942.

FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Fevereiro e Março de 1942.

HUNGRIA

TECHNIKA — Fevereiro e Março de 1942.

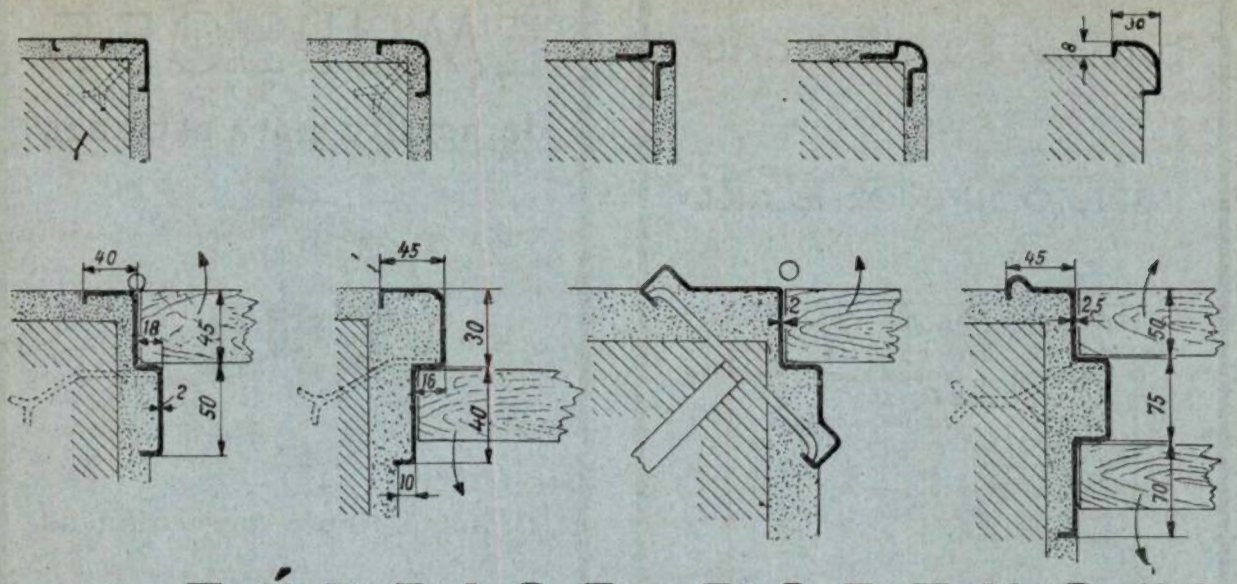
ITÁLIA

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Janeiro e Fevereiro de 1942.

L'ELECTROTECNICA — Dez. de 1941 e Jan. de 1942.

RADIO-TELEVEZIONE — Fevereiro de 1942.

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para instalar o seu laboratório ou completar a sua aparelhagem de medidas eléctricas e de rádio

consulte a

Standard Electrica

RUA AUGUSTA, 27
TELEFONE 23111/12/13
LISBOA

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL e de MINERALOGIA, executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMULSÕES

de asfalto para estradas

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
EMULSÃO
EPA
RUA DOS BACALHOEIROS - 125-2.º LISBOA

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 2 0879
Telegramas: Epalda — LISBOA

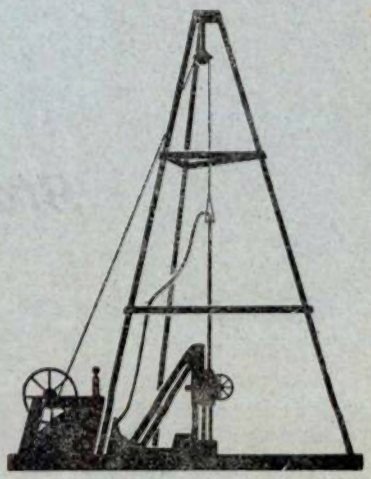
FÁBRICA EM SACAVÉM

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

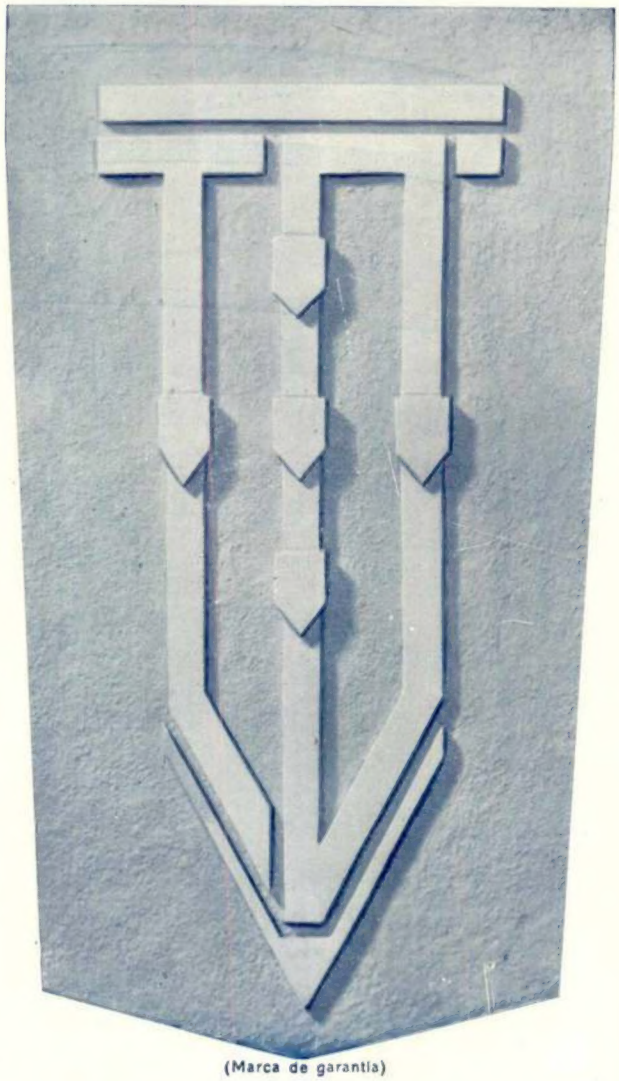
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.° E 4.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.

Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.